



# أسس الاتصالات اللاسلكية لـ لي

تأليف : William C.Y. Lee

ترجمة : م. محمد موفق العوا

مراجعة : أ.د. أحمد عمر يوسف



المركز العربي  
للتعريب والترجمة والتأليف والنشر



المنظمة العربية  
للدراسات والثقافة والعلوم

أسس  
الاتصالات اللاسلكية  
إدلي



# أسس الاتصالات اللاسلكية لـ لي

تأليفه

William C.Y. Lee

ترجمة

المهندس محمد موفق العوا

مراجعة

أ.د. أحمد عمر يوسف

2002

دمشق

# LEE'S ESSENTIALS OF WIRELESS COMMUNICATIONS

**William C.Y. Lee**

Translation copyright © 2002 by Arab Centre for Arabization, Translation,  
Authorship & Publication (ACATAP, branch of ALECSO).

Original edition copyright © 2001 by The McGraw-Hill Companies, Inc.  
All rights reserved.

Published in Arabic by Arrangement with the original publisher,  
The McGraw-Hill Companies, Inc.

أسس الاتصالات اللاسلكية لب لسي

ترجمة: المهندس محمد موفق العوا

المركز العربي للتدريب والترجمة والتأليف والنشر بدمشق

ص.ب: 3752 - دمشق - الجمهورية العربية السورية

هاتف: 3330998 - فاكس: 963 11 3334876

E-mail: [acatap@net.sy](mailto:acatap@net.sy)

Web Site: [www.acatap.org](http://www.acatap.org)

جميع حقوق النشر والطبع محفوظة

## مقدمة المترجم

تلعب الاتصالات الدور الرئيسي في ما نشهده من تطور هائل، في مختلف الأنشطة وفي أداء الفرد والجماعات، نجحني ثماره وفوائده على جميع الصعد.

الاتصال بمفهومه البسيط هو تحقيق لعملية تبادل المعلومات، وقد قام بها الإنسان الأول باستخدام وسائل بسيطة كالمرآة والحمام الزاجل، ثم تطورت هذه الوسائل إلى أن وصلت إلى مستوى الخدمات التي نشهدها حالياً. فخدمات الاتصالات الراديوية مثلاً لا تقتصر على تبادل المعلومات الشخصية، فهناك الخدمة الإذاعية والفلكية والاستشعار والسلامة وتحديد الموقع والمناخ والتحكم... إلخ.

تتحقق خدمة الاتصال باستخدام وسط نقل سلبي (كوابل محورية أو ضوئية أو نحاسية) أو لاسلكي (باستخدام مورد طبيعي محدود هو الطيف الترددي) وباستخدام تجهيزات طرفية وبدالات ومسيرات وبوابات وحواسب، وباستخدام برمجيات وبرامج تحقق جميعها عملية النقل، إضافة إلى تأدية وظائف بصورة آلية نيابة عن المستخدم الذي يقتصر أدؤه على ضغط بضعة أزرار على طرفية تتطور باستمرار.

إن الاتصال هو توأم المعلومات. والمعلومات مصدر من مصادر القوة في هذا الكون، و قوة المعلومات في تحصيلها ومعالجتها واستخدامها لتحقيق أمن الفرد والمجتمع بوجوهه كافة. وكلما ازدادت الحاجة لنقل المعلومات بأقصر وقت ممكن، كلما ازدادت الحاجة لمزيد من التطوير في مجال الاتصالات يتجلى في توفير مزيد من الأتية لمزيد من الحركة (Traffic)، وبتدفق أكثر غزارة (Through put) وتغطية جغرافية واسعة وإمكانية نفاذ واتصال أثناء التنقل والترحال والثبات، وجودة أعلى يبحث عنها المستخدم باستنباط أنماط اتصال جديدة وتخطيط وتطوير شبكات سممتها الديناميكية والاستجابة السريعة.

لقد أسهمت نظرية المعلومات لشانون والتطوير الصناعي الهائل في إنتاج العناصر الإلكترونية إلى جانب الجهد اللا محدود والمشارك في تحقيق ما نشهده من تطور في الاتصالات.

وإن قمة ما أنتجه تزاوج المعلومات والاتصالات هو محملة الإنترنت التي رسمت

وترسم ملامح ما يسمى بالمجتمع الجديد.

لقد تضمنَ هذا الكتاب "أسس الاتصالات اللاسلكية"، لمؤلفة الدكتور (W.C. Lee) النفسي عن التعريف في مجال الاتصالات، خلاصة معتبرة لأسس تم تطبيقها وتداولها وتطويرها ولمس المترجم سماها بالتميزة الثلاث وهي:

1. تطوير أنماط الاتصال اللاسلكي من خلال سرد تضمن حوادث وأسماء لمشاركين ولمواقع وأزمنة نسجت تاريخاً غنياً استخلص المؤلف منها عمراً يستفاد منها. كما أنه بهذا السرد قد ربط الماضي بالحاضر، مما كوّن قصة التطور لحقبة امتدت على مدى ثلاثة عقود عاشها المؤلف وشارك في أحداثها وفعاليتها.

2. إعطاء ملامح لمستقبل الاتصالات اللاسلكية واستخدام الطيف الترددي وأسلوب إقامة الشبكات.

3. استخدام أسلوب الشرح المبسط في تقديم المعلومة عن الخبرة النظرية والعملية، والاستعانة بعلاقات رياضية مبسطة مما يتيح الفرصة لشريحة كبيرة من العاملين في حقل الاتصالات، أو من يسعى للدخول فيه الاستفادة منها، وهذا أسلوب ليس بمقدور الكثيرين القيام به. ونظراً لاحتمال كون بعض المفردات أو المصطلحات العربية المستخدمة في ترجمة هذا الكتاب غير مألوفة للقارئ الكريم، فقد تم الحرص على طباعة ما يقابلها باللغة الإنكليزية تجنباً للالتباس وإضعاف المعنى التقني للنص، وتسهيلاً لتواصل نقل المعرفة من المراجع باللغة الإنكليزية.

وختاماً نرى من الواجب علينا أن نتقدم بوافر التقدير والامتنان لأستاذنا الكبير المرحوم الدكتور المهندس أحمد عمر يوسف، الذي لم يدخر جهداً لتحقيق أمانة النقل في ترجمة هذا الكتاب، فكان له الفضل في مراجعته بكل إخلاص وحرص، وبكل ما يملك من قدرة وخبرة علمية عالية عُرِفَ بها. لكن مشيئة الله تعالى قضت بأن توافيه المنية وينتقل إلى جوار ربه قبل طبع هذا الكتاب وإصداره. لقد احتسم تاريخه الحافل بالإنجازات المهمة والمفيدة لبلده وأهله بمراجعة هذا الكتاب. رحمه الله وأسكنه فسيح جناته.



## المحتويات

مقدمة

امتان وعرفان

### الفصل الأول: كيف وُلِدَ الهاتف السلكي واللاسلكي 1

1.1 نجاح الهواتف 1

2.1 تاريخ دراسة المنظومة ذات السعة العالية 3

3.1 ميلاد المنظومة الخليوية 5

4.1 استراتيجية التسويق الناجحة لـ AT&T في عام 1963 بالاتصالات الفضائية 9

5.1 لماذا لم تتمكن المنظومة الخليوية من الانتشار في السبعينات؟ 10

6.1 لماذا حصلت OKI على أول صفقة 200 هاتف خليوي؟ 11

7.1 نموذج الحفوت السريع وتنوع مركبة الحقل 12

8.1 النموذج التجريبي (prototype) الأول لوحدة متنقلة وموقع خلية 13

9.1 أداة تطوير منظومة رائدة لأسواق انطلاق شركة تشغيل بل الإقليمية (Bell) 17

10.1 أنظمة خليوية رقمية 20

11.1 الساتل منخفض المدار المتنقل 22

12.1 مراجع 24

13.1 مادة للقراءة 27

### الفصل الثاني: لماذا منظومات الراديو المتنقلة صعبة التطوير؟ 29

1.2 طيف طبيعي محدود 30

- 2.2 لماذا نحتاج حاملاً (A Carrier)؟ 30
- 3.2 ما هي ظروف الراديو المتنقل 31
- 4.2 نطاق منظومة الجيل الخليوي الأول 36
- 5.2 إرسال التشوير (Signaling) ومعطيات معلومات عبر القناة الكلامية التماثلية 36
- 6.2 الترميز التكراري ليس ترميزاً جيداً للراديو المتنقل 37
- 7.2 معرفة صعوبات المناولة 39
- 8.2 المصطلحات الفنية الخليوية في شمال أمريكا 40
- 9.2 الحفوت الانتقائي وحالات عدم الحفوت 42
- 10.2 نطاق منظومة البدالة الالكترونية والتطبيق لأجل البدالة المتنقلة (Mobile Switch) 43
- 11.2 الانتشار ضمن الأبنية هل هو ثلاثي الأبعاد 45
- 12.2 أداء نسخة NTT للـ AMPS 46
- 13.2 قيمة أداة تنبؤ شدة الإشارة 48
- 14.2 تداخل القناة للمشاركة بالتردد قاتل 49
- 15.2 تغطية 39 مقابل 32 ديسبل ميكرو 50
- 16.2 مزايا طرق التنوع 52
- 17.2 مراجع 53
- الفصل الثالث: كيفية تقييم طيف - منظومة كفاءة 55**
- 1.3 مسألة الطلب والسعة 56
- 2.3 كيفية حساب السعة الراديوية لمنظومات خلوية تماثلية 56
- 3.3 لماذا اختبرت في السبعينيات منظومة FM وليس AM أو رقمية؟ 58
- 4.3 لماذا لا توفر الأتية ضيقة النطاق (حزمة وحيدة الجانب) سعة عالية؟ 60
- 5.3 كيفية حساب السعة الراديوية للخلوي الرقمي 63
- 6.3 متطلبات منظومة رقمية من (ARTS) 65
- 7.3 لماذا اختبرت منظومة TDMA للمنظومة الرقمية؟ 67

- 8.3 تقييم منظومة كفاءة الطيف للـ (WLL) 68
- 9.3 تقييم منظومة كفاءة الطيف من أجل منظومة ساتلية متنقلة (MSS) 71
- 10.3 الخلية الميكروية الذكية ومفاهيم تبديل (Switching) حزمة الهوائي 74
- 11.3 عدة طرق تعديل من أجل مواضيع السعة 78
- 12.3 الفوكودرات VOCODERS (الرمزات الصوتية) 83
- 13.3 منظومة معدل معطيات عالي (HDR: High Data Rate) 85
- 14.3 وضوح، تغطية، سعة، نسبة (قدرة حامل/قدرة تداخل) (C/Is) 86
- 15.3 مراجع 87
- الفصل الرابع: عوامل هامة في اختيار منظومة رقمية جديدة 89**
- 1.4 أسواق محفزة 90
- 2.4 كيفية تسريع تطوير منظومة رقمية جديدة 91
- 3.4 حصة نمط مزدوج Dual-Mode 92
- 4.4 تعارض المصلحة بين مزودي الخدمة والباعة 94
- 5.4 مواصفات منظومة مفتوحة (Open System Interface) 95
- 6.4 كيفية تطوير معيار مواصفة جيدة 97
- 7.4 فشل الـ (IS-54) 99
- 8.4 دور الحكومة 99
- 9.4 النقاش في مؤتمر دنفر 102
- 10.4 نقاش حول انتقاء رموزات الصوت 103
- 11.4 جهود تألف عالمية (Harmonization) 105
- 12.4 مراجعة تقانة الجيل الثالث (3G) 107
- 13.4 قلق تطوير الـ 3G 113
- 14.4 مستقبل الاتصالات اللاسلكية فيما بعد الـ 3G 115
- 15.4 حلم تطوير الجيل الرابع (4G) 116
- 16.4 مراجع 117

## الفصل الخامس: تعلم من الماضي 119

- 1.5 منافسة زوجية 121
- 2.5 تأثير تعديل آخر حكم قضائي 121
- 3.5 قصة لماذا لا لميزة (التسديد على الطالب) 128
- 4.5 معيدو البيع Resellers 130
- 5.5 Pactel تتحرك إلى النطاق A 132
- 6.5 منظومة بمقياس واحد مقابل منظومات متعددة المعيار في الخليوي 133
- 7.5 التشارك بالطيف 133
- 8.5 لماذا لا لِمُسْتَقْبَل تنوعي في المحطة المتنقلة 135
- 9.5 هوائي فوق سطح العرب 136
- 10.5 لا مودم معطيات جيد من أجل AMPS 137
- 11.5 لماذا لا معايير مواصفة مفتوحة 139
- 12.5 وصلات الموجة الضوئية والموجة المليمترية 140
- 13.5 نموذج إحصاء معدل المطر في اقليم الولايات المتحدة 145
- 14.5 فشل سوق هاتف الصورة 148
- 15.5 لماذا فشلت الـ CT-2 149
- 16.5 واقع ومستقبل الـ GSM 150
- 17.5 شركة المعطيات الخليوية (CDI) ومسألة توقيت معطيات رزم رقمية خليوية 151 (CDPD: Cellular Digital Packet Data)
- 18.5 الـ AMPS ضيقة النطاق 153
- 19.5 المنظومة الراديوية التكاملة المتنقلة/ منظومة الشبكة المحسنة الرقمية التكاملة 154
- 20.5 منظومة الـ (Metricom) 155
- 21.5 الايريديوم والفلوبال ستار 156
- 22.5 المنظومات منخفضة الطبقة 157
- 23.5 مسألة التوقيت - استراتيجيات ابتكار خدمة 157

- 24.5 كلفة اختيار تجهيزات باعة جيدة 159
- 25.5 درس من الخلايا الميكروية لـ (Pactel) 160
- 26.5 بدالات الـ 3B20 لـ AT&T 161
- 27.5 يضع أدوات هامة لمنظومات جديدة 162
- 28.5 مراجع 167
- الفصل السادس: تطبيق تقسيم الرمز متعدد النفاذ (CDMA: Code Division Multiple Access)**
- 171
- 1.6 ما هو الـ CDMA؟ 172
- 2.6 ما هو الطيف المنتشر؟ 173
- 3.6 لماذا يعمل الطيف المنتشر تحت تأثير تشويش قوي؟ 174
- 4.6 نشوء الـ CDMA 176
- 5.6 فلسفة نشر الـ CDMA 183
- 6.6 صفات (خصائص) الـ CDMA 184
- 7.6 العصر المظلم للـ CDMA 186
- 8.6 نموذج انتشار الـ CDMA الكوري 188
- 9.6 اخترعت Qualcomm الـ CDMA وكوريا أنقذت الـ CDMA 193
- 10.6 اختيار منظومات الـ CDMA للجيل الثالث (3G) 194
- 11.6 مسألة طيف الجيل الثالث العالمي 195
- 12.6 حامل واحد مقابل حامل متعدد 196
- 13.6 مراجع 198
- 7. الفصل السابع: ما هو مستقبلنا** 201
- 1.7 إيجاد موطن (مأوى للعقري) 202
- 2.7 الجيل العالمي الثالث (3G) وتألفه 203
- 3.7 طريقة بسيطة للاقتراب إلى حلم الجيل الثالث العالمي 213
- 4.7 راديو الريموتات 215

- 5.7 إلى أي حد إن الهوائي الذكي - ذكي 217
- 6.7 معايير أداء المعطيات والكلام في الاتصالات اللاسلكية مختلفة عن بعضها 219
- 7.7 بدالة نمط نقل غير متزامن لأجل معطيات رزم 220
- 8.7 الخدمات المعتمدة على منظومة تحديد الموقع العالمية CPS 222
- 9.7 تقانات الموقع وبنية المنظومة لأجل E 911 225
- 10.7 الهاتف الحاسوبي (CT: Computer Telephony) 229
- 11.7 اتصالات الأشعة تحت الحمراء/الموجة المليمترية لأجل معطيات عالية السرعة 233
- 12.7 ترميز تربو (Turbo) 235
- 13.7 هل يمكن استخدام تضيق تقسيم الموجة في الراديو المتنقل (WDM): 236
- 14.7 ملاحظات على المساويات (Equalizers) 238
- 15.7 طريقة تنوع إرسال (Diversity) 240
- 16.7 WCS, LMDS, and MMDS 242
- 17.7 الفتح العلمي في مضخمات القدرة عريضة النطاق 244
- 18.7 مراجع 246
- الفصل الثامن: الإنترنت ومستقبل اللاسلكي 249**
- 1.8 استعراض الإنترنت 250
- 2.8 مستقبل شبكات بروتوكول الإنترنت 257
- 3.8 الشبكات محلية المنطقة اللاسلكية 265
- 4.8 بروتوكول الإنترنت المتنقل 268
- 5.8 بروتوكول تطبيق لاسلكي 272
- 6.8 الضرس الأزرق (Bluetooth) وجيني (Jini) 276
- 7.8 شبكة نواة بروتوكول انترنت لاسلكية 281
- 8.8 التداخل أو الضجيج 288

9.8 هل تشمل الاتصالات اللاسلكية إلى نهاية 292

10.8 مراجع 302

مصطلحات 305





## مقدمة

لقد جرت تبدلات عديدة في صناعة الاتصالات اللاسلكية في الخمسة عشر سنة الماضية. سأحاول وصف أنظمة الاتصالات اللاسلكية والتقانات الأحدث في هذا الكتاب، بعض منها انتشر وبعض منها لم ينتشر ويتوجب على القول بأن مصر كل منها يعتمد على الجهد (effort) وعلى الحظ (luck) والأول قابل للسيطرة أما الثاني فلا، وحول الحديث عن الحظ سوف أروي لكم كيف دخلت إلى ميدان الاتصالات اللاسلكية.

في كانون الأول (ديسمبر) من عام 1963 أقيمت أطروحة الدكتوراه في جامعة ولاية لوهايو بمواضيع متعلقة بالاتصالات الفضائية. حصلت على عرض من مختبرات بل للعمل في ميدان الاتصالات الفضائية. وفي وقت إبلاغي بالعمل في الأول من مارس 1964 كانت الوظيفة قد ألغيت إذ مرر الكونغرس مشروع قانون لتشكيل شركة تدير قضايا الاتصالات الفضائية تدعى بـ Communication Satellite Company واختصاراً Com Sat وكان بإمكانني الذهاب إلى واشنطن دي سي للالتحاق بكم سات أو أن أكلف بعمل آخر وعندما تبين لي بأن الوظيفة الجديدة كانت الاتصالات المتنقلة أعيرتهم بصراحة بأنني لم أدرس الاتصالات المتنقلة في الجامعة. إلا أن ردهم كان بأنه لا يوجد من يعلم هذا المجال. وحيث كان قد تم تشكيل شعبة بحث في الاتصالات المتنقلة. وكنت أول شخص استخدم من الخارج. إنني لم أحتر الاتصالات المتنقلة إلا أنني كنت محظوظاً في أنني أصبحت جزءاً منها.

في استعراض للخمسة عشر سنة التي قضيتها في مخابر بل فقد بدأت في قسم البحث ثم انتقلت إلى قسم الأنظمة ومن ثم انتقلت إلى قسم للقاسم (البدايات - Switching) وانتهيت أخيراً في قسم التطوير. بهذه الخبرة والمعرفة الطازجة انتقتني مخابر بل لتدريس مقرر كان مقررأ داخلياً لبل عام 1978 هو نظرية الاتصالات المتنقلة. وقد حضر المقرر عدة علماء معروفين تماماً في مخابر بل. وقد شجعتني مواد المحاضرات لتدوين كتابي الأول. (هندسة الاتصالات المتنقلة Mobile Communication Engineering) طبع عام 1982 من قبل الناشر

حاولت AT&T الحصول على رخصة الـ 800 ميغاهرتز الخليوية منذ عام 1974 وكان السبب في عدم نجاحها بالمرّة هو خوف اتحاد الحامل الراديوي المشترك (Radio Common Carrier Association) من أن تحتكر الـ AT&T صناعة الاتصالات المتنقلة وقد طلب الاتحاد هذا من الـ FCC تأخير إصدارات الترخيص. بحلول عام 1979 شعرت بأن علي ألا أنتظر إلى أن تحصل مخاطر بل على الترخيص. لهذا انضمت إلى شعبة الاتصالات الدفاعية (ITTDCD) (Defense Communication Division) وعملت في مشروع الاتصالات المتنقلة العسكرية ومنحت براءتين في تعديل الطيف المنشور (Spread Spectrum) واحدة في مانع التشويش (anti-Jamming) والأخرى في الاتصالات المعلقة السرية (Covert). اخترعت عام 1984 باستخدام الذكاء الاصطناعي (AI Artificial Intelligence) اتصالات بدون توصيلات Connectionless (بدون محطة رئيسية Master Station) للاستخدام في ظروف المعركة وقد استغرق فاحص مكتب البراءة الأمريكي ثلاث سنوات كي يصدر البراءة بسبب حداثة المجال بالنسبة له.

في عام 1981 تم تقسيم الطيف الخليوي في النطاق 800 ميغاهرتز من قبل الـ FCC إلى نطاقين، النطاق A والنطاق B. رخص النطاق A للشركات غير الهاتفية (نداء وتوزيع Dispatching) ودعي حيثثذ بالنطاق غير السلكي بينما رخص النطاق B للشركات الهاتفية ودعي بالنطاق السلكي. في عام 1984 بدأت معظم شركات بل في التشغيل (Operating) الإقليمية (Regional) في نشر المنظومات الخليوية. في عام 1985 طلبت شركة باك تيل الخليوية منسي (Pactel) (فرعية لشركة Pacific Telesis Company) الانضمام لشركتها. وفي ذلك الحين كانت بعض الشركات تضغط على الـ FCC لتحصل على منظومة خلوية بحزمة وحيدة الجانب جديدة (SSB). كان بالإمكان استبدال ستة أمتية وحيدة الجانب بقناة تعديل ترددي FM ذات ثلاثين كيلوهرتزاً. لهذا فقد اشتكوا من أن منظومة حزمة وحيدة الجانب لها سعة أكبر وكفاءة طيف (Spectrum Efficiency) أعلى من منظومة بتعديل ترددي.

في الثاني من آب أغسطس عام 1985 دعت من قبل الـ FCC للتحدث عن المقارنة بين

كفاءة طيف منظومات الحزمة وحيدة الجانب ومنظومات التعديل الترددي (FM). كان ما وجدته بأنه للمحافظة على نفس الجودة الكلامية فإن متطلبات المسافة لإعادة استخدام (Re-use) نفس تردد القناة للحزمة وحيدة الجانب كانت أكبر من تلك للتعديل الترددي FM في منظومة خليوية. كنتيجة لم يكن هناك فرق بين المنظومتين في كفاءة الطيف. بعد حديثي كان مروجو الـ SSB هادئين. هل بإمكانك التصور بأنه سيكون هناك منظومتان ثنائيتان الـ FM والـ SSB. كان ذلك سيؤدي لتباطؤ في نمو الصناعة الخليوية في مرحلة إقلاعها حتماً.

في عام 1987 بدأت سعة منظومة خليوية تغلو قضية. استنتجنا بأن لا منظومة ثنائية قادرة على زيادة السعة وحاجتنا هي في الذهاب إلى منظومات رقمية من أجل سعة أكبر. في الثالث من أيلول سبتمبر لعام 1987 دعت الـ FCC ممثلين لثلاث شركات منتجة كبيرة وأنا من شركة تشغيل لمناقشة منظومات المستقبل الخليوية. قدمت في حينها علاقة (Formula) جديدة تستطيع حساب سعة كل منظومة رقمية. استخدمت هذه العلاقة فيما بعد من قبل الصناعة (Industry) لمقارنة المنظومات المختلفة.

كان لي الشرف أن يتم اختياري من قبل صناعة الخليوي لأكون رئيساً مشاركاً (co-chair) في لجنة تقانة الراديو المتقدمة الفرعية لـ ARTS: Advanced Radio (CTIA) Technology Subcommittee اعتقدت في ذلك الوقت بأن الـ FDMA كان اختياراً أقل خطورة. ويمكن له أن ينتشر في عام 1990. أرسلت (ARTS) رسالة لأربع شركات هي (AT&T)، موتورولا، نورثون تيليكوم، أريكسون، وطلبت منها فيما إذا كانت ترى أية صعوبة في اختيار الـ FDMA وكان الجواب كلا. استقلت في ذلك الوقت من منصب الرئيس المشارك. بدأت في تطوير اختراعي لمنظومة خلية ميكروية (microcell). في عام 1988 وبعد نقاش وتفكير كبيرين في الصناعة تم اختيار الـ (TDMA) وأصبحت بنجيبة أمل. جاء إلي في عام 1989 مديرو ومهندسو Qualcomm أصحاب القرار (Key Engineer) لمناقشة احتمال استخدام تقسيم الرمز ذي النفاذ المتعدد (CDMA). في شباط فبراير 1989 أشرت إليهم بالحاجة إلى تحكم بالقدرة في منظومة الـ CDMA بسبب تداخل التأثير القريب البعيد (near-far interference). اكتشفت (Qualcomm) في ابريل 1989 تقنية تحقيق التحكم

بالقدرة كما صدمت صناعة الخليوي العالمية بعرضها. في كانون الأول ديسمبر من عام 1990 طلب منسي الدكتور Han-Su Park من كوريا إعطاء حلقة بحث (seminar) في سيئول وعندما أوجزت وصف منظومة الـ CDMA الجديدة جلبت انتباه الـ (ETRI) (ETRI: Electronic Technology and Research Institute) بعد ذلك ذهبت أنا و Alan Salmasi من Qualcomm إلى كوريا لإعطاء حلقة دراسية حول الـ CDMA وهي التي فتحت الأبواب للحكومة لتبابعة تقانة الـ CDMA. لقد ادعينا بأن سعة الـ CDMA يمكن أكثر بعشرين مرة مقارنة مع الـ AMPS وفوق ذلك لم تتمكن منظومة الـ CDMA الأمريكية من إثبات مقدرتها إلى أن وصل سوق الـ CDMA الكوري إلى مليون مشترك في أيلول (سبتمبر) 1996. أثبتت تقانة الـ CDMA قيمتها.

تم تطوير عدة منظومات أخرى بالفترة 1990 إلى 1996. مثل الـ GSM، والـ CDPD، والـ DECT، والـ NAMPS، والـ PDC، والـ PHS، والـ iDEN. وسوف أستعرض كلاً منها في هذا الكتاب. كما اخترت أيضاً أن أستعرض منظومة الجيل الثالث 3G بتقانة الـ CDMA. لقد أتيت لي الفرصة لأكون منغمساً في عملية التآلف بين أنظمة الجيل الثالث (3G) المقترحة من خلال مجموعة تآلف المشغل (OHG: Operator Harmonization Group).

نظراً لأن الإنترنت تنمو بسرعة فإن الإنترنت المتنقلة (Mobile) هي توجه المستقبل وكنيجة فإن شبكة الراديو المتنقلة المستقبلية ستكون شبكة نواة بروتوكول إنترنت (IP) لاسلكية. لقد كان من دواعي الغبطة كثيراً بأن شركة Air Touch كانت قادرة على العمل مع ثلاث شركات هي (Cisco) و (Hyundai) و (Telos) لإقامة عرض شامل لشبكة نواة بروتوكول الإنترنت. في 15 كانون الثاني (يناير) 1999 أقيم العرض في Reno في Nevada وكان ناجحاً جداً. فقد كان أول عرض فيما إذا كانت شبكة نواة بروتوكول الإنترنت ممكنة. وكنا جميعاً فخورين بالنتيجة.

طلب منسي المحرر التنفيذي للناسر McGraw Hill ستيف شامان (Steve Chapman) كتابة كتاب عن ماضي وحاضر ومستقبل الاتصالات المتنقلة اعتماداً على مشاركتي. نظراً لأن ما أكتبه هو من خلال منظوري فقد يجد القارئ بعض الانحياز. إن ما هو مدون في

هذا الكتاب هو مشاركتي وملاحظتي عمر أربعة وثلاثون عاماً من 1964 حتى 2000  
أمل أن أكون قد أعطيت القارئ شيئاً ذا قيمة

د. ويليام سي. واي. لي



## امتحان وعرفان

جاءت فكرة أن أتولى كتابة هذا الكتاب من ستيف شلمان (Steve Chapman) المحرر التنفيذي لدى شركة ميغروهيل (McGraw Hill). أراد في البداية أن يكون عنوان الكتاب الاتصالات اللاسلكية لـ (LEE). شعرت بأن ذلك كثيراً جداً لي ثم تمت الموافقة على العنوان: أساس الاتصالات اللاسلكية لـ (لي). تستحق كافة جهوده أن تذكر على وجه الخصوص.

استغرق منسي هذا الكتاب وقتاً أطول مما قدرت مسبقاً. في السنتين الماضيتين أمضيت وقتي بمشروعين مثورين هما السبق (Leading)، الأول اختبار تجهيزات بنية تحتية قليلة الكلفة ناجحة أقيم في مودستو (Modesto) بكاليفورنيا برعاية الشركات (Air Touch) مع (Sam Sung) و (Hyundai) و (Telos) و (Teco) و (Celletra)، والمشروع الآخر كان الحل الكامل لشبكة نواة بروتوكول الإنترنت اللاسلكية الذي أقيم في Telos بنيفادا برعاية Air Touch مع Telos و Hyundi و cisco. وقد خططت أن يتضمن هذا الكتاب هذين المشروعين. ولكن ولدى إصدار المخطوطة أدركت بأن مادة اختبار مودستو (Modesto) قد بقيت في أحد الأدراج وأنا أشعر بمرارة حادة من هذا الحذف. ومع ذلك أرغب في الشكر العميق لكل المنفذين والمهندسين المميزين من مختلف الشركات من أنجزوا هذه المشاريع وزودوني بمعرفة إضافية جديدة لتضمينها في هذا الكتاب.

لقد شجعتني كل من Sam Ginn و Arun Sarin من Air Touch كثيراً. إن المثل الصيني "تذكر دوماً أين المنبع كلما شربت الماء" أود أن أشكر أيضاً مستشاري من جامعة ولاية أوهايو البروفيسور W.R. Walters والبروفيسور Leen Peters وكل من الناصح المخلص من مختبرات بل الدكتور C.C. Culter والدكتور Frank Blecker. أخيراً أشكر كل زملائي من ساعديني خلال سورتسي التي استمرت خمسة عشر عاماً مع Pac. Tell والتي أصبحت فيما بعد Air Touch ثم Vodafone-Air Touch ثم أخيراً Vodafone-US وخاصة مساعديتي السيدة Carla Sherbert

إنسي أكن لجميع هؤلاء التقدير العميق. ألتخذ لنفسي الآن موقعاً جديداً مع شركة الاتصالات Link Air التي تمتلك تقنية ترميز جديدة (coding technology) والتي تستطيع تعزيز منظومة الـ FDD (Frequency Division Duplexing) وستكون سبقاً تقنياً لأجل الـ TDD (Time Division Duplexing) إنسي لأمل بأن الصناعة سوف تعطي Air Link نصيحة بناءة وليس ملاحظة هدامة. وسأكون ممتناً جداً. أعتقد بأننا نستطيع العمل جميعاً لمستقبلنا في عصر المعلومات.

أخيراً وليس آخراً، علي أن أشكر زوجتي مارغريت لتوفيرها الوقت لي لإنهاء هذا الكتاب فقد تولت رعاية صحتي وشجعتني على عملي بمديتها الدافئ وقد وعدتها للتو بأنسي منذ الآن سأتولى الكتابة بالاشتراك مع مؤلفين - إنها مصدر إلهامي



## الفصل الأول

# كيف ولد الهاتف السلكي واللاسلكي

- 1.1 بنجاح الهواتف
- 2.1 تاريخ دراسة المنظومة ذات السعة العالية
- 3.1 ميلاد المنظومة الخليوية
- 4.1 استراتيجية التسويق الناجحة للـ AT&T في عام 1963 بالاتصالات الفضائية
- 5.1 لماذا لم تتمكن المنظومة الخليوية من الانتشار في السبعينيات؟
- 6.1 لماذا حصلت OKI على أول صفقة (200) هاتف خليوي؟
- 7.1 نموذج الخفوت السريع وتنوع مركبة الحقل
- 8.1 النموذج التحريسي (Prototype) الأول لوحدة متنقلة وموقع خلية
- 9.1 أداة تطوير منظومة رالدة لأسواق انطلاق شركة تشغيل بل الإقليمية (Bell)
- 10.1 أنظمة خليوية رقمية
- 11.1 الساتل منخفض المدار المتنقل
- 12.1 مراجع
- 13.1 مادة للقراءة

## 1.1 نجاح الهواتف

ينمو استخدام الهاتف في حياتنا اليومية. لكن تخيل ما كان حال الناس قبل (120) عاماً. عندما بدؤوا باستخدام هذا الجهاز الغريب للاتصال مع أصدقائهم وجيرانهم. قبل اختراع الهاتف كان التحدث بين شخص وآخر يعني مواجهة وجهاً لوجه وليس الاستماع لصوت بعضهما البعض عبر خط سلكي ذهاباً وإياباً. كان على الناس أن يتكفوا مع بعضهم بهذه الطريقة من الاتصال الجديد، لذلك ليس من المدهش أن استغرق بعض

الوقت حتى بدأ الأمر مريحاً لهم باستخدام الهاتف. ومع ذلك لم يكن الأمر طويلاً إلى أن بدأ الناس بالاعتماد على هواتفهم. وربما تعجبوا كيف عاشوا بدونها. لا تزال المحادثة الهاتفية هي الأفضل بعد التقابل وجهاً لوجه. يعترف للراهنون حالياً ببقائهم على الهاتف لساعات. يغلق كل فرد من الأسرة منزلاً إذا انقطع الهاتف ليوم واحد. اعتمد نجاح الهاتف منذ عام 1876 على عدة عوامل حاسمة (deciding). كيف يا ترى أصبح الهاتف شائعاً هكذا عبر العالم ؟

### 1.1.1 التوقيت TIMING

دوّن كل من الكسندر غراهام بل وأليشا غري (Elisha Gray) استمارتي براءتهما الهاتفية في ذات اليوم ولكن بل دولها قبله بعدة ساعات. جعلت هذه الحقيقة التاريخية أحدهما مشهوراً والآخر غير معروف.

في 10 آذار/مارس 1876 نجح الكسندر غراهام بل في التحدث عبر هاتف سلكي مع مساعده توماس ديليو واتسون. لقد سمعنا جميعاً هذه القصة ومع ذلك كان أليشا غري من شركة الاتحاد الغربي (Western Union) يعمل أيضاً على الهاتف بنفس الوقت. دوّن بل استمارة اختراعه في 14 شباط/فبراير بينما دوّن غري استمارته بعده بعدة ساعات. أصدر مكتب البراءة الأمريكي براءة بل في 7 آذار/مارس 1876.

فاضت شركة بل في أيلول/سبتمبر 1878 شركة Western Union لحماية براءات بل الهاتفية. تقدمت شركة بل خلال عام 1879 بأكثر من (600) دعوى ضد الاتحاد الغربي حول براءات بل. أخيراً وعند نهاية نفس العام اعترفت شركة الاتحاد الغربي ببراءات بل ووافقت على البقاء خارج تجارة الهاتف. كيف كان سيبدو التاريخ الآن يا ترى لو دوّن غري) استمارته بضع ساعات قبل بل؟

### 2.1.1 الاستراتيجية STRATEGY

اقترح المحامي والد زوجة بل: (غاردرج. هوبارد) تأجير أجهزة الهاتف للمشاركين بدلاً عن بيعها. أعطى هذا القرار منظومة بل الحرية لتحسين وتطوير منظومة الهاتف مع تطور التقنية.

### 3.1.1 أنظمة الحكومة GOVERNMENT REGULATION

كان في الولايات المتحدة حوالي (2000) ألفي شركة هاتف إلى جانب منظومة بل. فرضت حكومة الولايات المتحدة قواعد التوافق (Compatibility) متخلفة (backward) كي تطبق على جميع الهواتف القائمة مهما كانت التقنية المنتشرة. ولا تزال الهواتف ذات القرص قيد الاستخدام حتى يومنا هذا.

نفذت العوامل الثلاث المذكورة أعلاه وهي التوقيت والاستراتيجية وأنظمة الحكومة في صناعة الهاتف في السنوات الأولى وساهمت (Contributed) بنجاحها اليوم. بالطبع قد لا تكون استراتيجية الإيجار مطبقة بأسواق اليوم فمثلاً في صناعة الاتصالات اللاسلكية تقدمت التقنيات الحديثة بسرعة وتراجعت القديمة بسرعة، وأصبحت أجهزة الهواتف أيضاً رخيصة جداً. إن استراتيجية التاجر للخدمات وحدة الهاتف لم تعد ذات ميزة.

### 2.1 تاريخ دراسة المنظومة ذات السعة العالية

في وثيقة مفوضية الاتصالات الفيدرالية (FCC) رقم 8658 لعام 1947 اقترحت بل منظومة متنقلة للمناطق المأهولة وطلبت نطقاً قدره (40) ميغاهرتز في المجال 100 إلى 450 ميغاهرتز. تم إعداد هذا المقترح في نفس الوقت الذي ركبت فيه أول منظومة هاتف متنقلة عند التردد 150 ميغاهرتز في مدينة سانت لويس (St. Louis). وقد بينت الحقيقة أن المنظومات القائمة عند الترددات 35 و150 و450 ميغاهرتز كانت مستهدفة منذ البداية (inception) لتكون عروض خدمة في حيز وقفي كي تبقى منظومة بل بالتجارة المتنقلة تعرض خدمة لها مزيد من التقدير.

كان نتاج الخلاصة الخطية لوثيقة الـ FCC رقم 8658 هو رفض الطلب، ليس لأن الـ FCC اعتبرت الخدمة غير مرغوبة وإنما لعدم توفر مثل هذا النطاق للتخصيص. أصدرت الـ FCC عام 1949 الوثيقة رقم 8976 أخذة بالاعتبار تخصيص نطاق الـ UHF من 470 إلى 890 ميغاهرتز. فكرت الـ FCC في إمكانية تخصيص نطاق مكون من 30 ميغاهرتز من ذلك النطاق لتشغيل الراديو للتنقل بحامل مشترك (Common Carrier) لكنها خصصت في النهاية كامل النطاق للخدمة التلفزيونية الإذاعية. بحلول 1947 وجدت بأن الخدمة مرغوبة

جداً، إذ نصت:

بالوصول إلى هذا الاستنتاج نحن مرغمون على تبادل تعارض بين خدمتين اجتماعيتين قيمتين لأجل حيز الطيف النفيس اللازم. ونجد بأن الحاجة لكليهما ملزمة تحت الـ FCC في رفضها لعريضة بيل في خلاصة الوثيقة التالية والتي تنص:

لكن وبينما نجد ونستنتج فيما يتعلق بنصيب الخدمة المتنقلة ذات الحامل المشترك أن مزيداً من التوسع في الخدمة أبعد مما هو موفر من خلال قواعدها وقوانيننا والتقنيات الموظفة، لا نستنتج بأن الحل الوحيد المتاح للخدمة المتنقلة الأرضية يقع في استخدام النطاق الترددي 470 - 500 ميغاهرتز

في عام 1958 وفي الخلاصة الخطية رقم 11997 اقترحت AT&T أيضاً منظومة هاتف متنقلة عريضة النطاق، طالبة نطاقاً قدره 75 ميغاهرتز في النطاق 764 إلى 840 ميغاهرتز. اعتمد هذا الاقتراح على دراسات مبكرة في غابر بل نصت بأن العمل بالنطاق 800 ميغاهرتز سيكون منظوراً.

لم تتخذ الـ FCC أي إجراء بعد الاستماع للشهادة أو البينة، وهي لم ترفض العريضة ولم تخصص الطيف. يبدو من استعادة الأحداث بأن مدونات وشهادة AT&T في خلاصة الوثيقة 11997 وفرت نشوء خلاصة الوثيقة 18692. في 26 تموز/يوليو عام 1968 أذنت الـ FCC بنشر إعلان استعمال وإعلان لقانون مقترح في خلاصة 18262. اقترحت الـ FCC تخصيص 40 ميغاهرتز للأنظمة الراديوية المتنقلة الخاصة و75 ميغاهرتز للأنظمة الراديوية المتنقلة عالية السعة بحامل مشترك، والتخصيص الأخير هو ما أشار إليه هذا الكتاب. التخصيصان المحددان ليسا متشابهين بصورة ملفقة فقط، ولكن بإعلان استعمالهما وإعلان صياغة قانون مقترح في خلاصة الوثيقة 18262 أيضاً. كانت الـ FCC تجعل مرجعها شهادة الـ (AT&T) لعام 1958 بصورة متكررة.

تابعت غابر بل والـ AT&T خلال الأعوام من 1958 إلى 1968 الدراسة على مستوى منخفض من الجهد، قضايها التجهيزات والمنظومات الخاصة بالخدمة الراديوية المتنقلة عالية السعة ولم تكن أي من هذه الدراسات بما فيه الأعمدة عام 1965 متفائلة من وجهة نظر قابلة

التطبيق اقتصادياً لثل هذه الخطة. لهذا السبب، وفي عام 1968 وعندما أعادت الـ FCC فتح المسألة في خلاصة الوثيقة رقم 18262 كانت استجابة AT&T حذرة. لقد اقترحت في نص لها بتاريخ 3 شباط/فبراير من عام 1969 تنفيذ برنامج من مرحلتين، توجب على المرحلة الأولى عمل التطوير الراديوي المطلوب لإقرار للوصفات الخاصة بأنظمة متنقلة ذات سعة عالية وما إذا كانت منظورة وكذلك ملازمة براءة خطة تخصيص تردد محدد لاستخدام حامل مشترك. كان على هذه المرحلة أن تبدأ عند إعطاء ضمان معقول بأن التردد 75 ميغاهرتز سيكون متاحاً للحوامل المشتركة في خدمة الراديو المتنقل ذي السعة العالية وعلى أن يتم إنجازها خلال 18 شهراً. كان على مباشرة المرحلة الثانية لبرنامج منظومة بل أن تبدأ فقط في حالة تبرير عمل المرحلة الأولى وتزامنت مع التفويض.

أصدرت الـ FCC بتاريخ 20 مايو 1969 أول تقرير وطلب (order) وثانسي بيان استعمال (Notice of inquiry). اختلفت هذه الاستجابة عن بيان الاستعمال الأصلي بثلاث نواحي. أولاً أوضحت الـ 75 ميغاهرتز قليلاً نحو كتلة مستمرة أكثر فائدة هي النطاق الترددي 806 إلى 881 ميغاهرتز، ثانياً ادخرت الترددات ذات التعهد الأقوى ظاهرياً بدلاً عن الضمان المعقول المطلوب من قبل الـ AT&T، وثالثاً استبعدت جميع الحوامل المشتركة من النطاق عدا السلكي. كان الاستبعاد الأخير موضوع إعادة النظر في التماسات مختلفة، شطبته البراءة ضمن رأي وطلب مذكرة ثانية بتاريخ 30 من تموز/يوليو لعام 1971. بدأت المرحلة الأولى رسمياً (تقرير وطلب) بحلول 20 مايو 1970.

انتهت الثمانية عشر شهراً للدراسة المرحلة الأولى في تشرين الثاني/نوفمبر 1971 وأرسلت الـ AT&T تقريراً بتائجها إلى الـ FCC في ذلك الوقت.

### 3.1 ميلاد المنظومة الخليوية/5-2

يدعى استخدام نفس التردد في الأنظمة الخليوية بإعادة استخدام التردد (Frequency Reuse)، اقترح لأول مرة من قبل Doug Ring لدى غنابر بل عام 1957. ثم خطط W.D. Lewis منظومة هاتف متنقل عريضة النطاق عام 1960/6. أنشأ C.C. Cutler فيما بعد قسماً جديداً للراديو المتنقل عام 1964 وعين W.Jakes لقيادة البحث مع مجموعة من المهندسين في

المخابر بين عامي 1964 و1972.

طلبت AT&T من FCC وبصورة مستمرة منذ عام 1970 إلى عام 1974 تخصيص طيف للخدمة الخليوية. لم يكن هناك طيف يمكن استخدامه للخدمة الخليوية بسبب تخصيص معظم نطاقات الـ (UHF) أواخر الستينات لصناعة التلفزيون من القناة 2 (54-64 ميغاهرتز) إلى القناة 83 (884-890 ميغاهرتز) وكذلك تخصيص اللاسلكي الثابت (نقطة إلى نقطة point to point) واللاسلكي الجوي الثابت في النطاق 1.6-30 غيغاهرتز بصورة عامة. لم يكن هناك طيف بالإمكان استخدامه بالخدمة الخليوية. لم تتخذ الـ FCC أي قرار كما لم تعط أي تلميح للـ AT&T يمكن أن يساعد. من ناحية أخرى تفاوضت AT&T مع الـ FCC واختبرت النطاق 800 ميغاهرتز الذي كان يقع في نهاية الأتية التلفزيونية. أعلنت الـ FCC الـ AT&T بأن الفرصة لتخصيص النطاق 800 ميغاهرتز ليست جيدة. رغباً عن أن Sam McCannery رئيس فرع لدى الـ FCC قال مازحاً بأن مخابر بل قد اخترعت أشياء عديدة فلماذا لا نتخترع طيفها. في ذلك الوقت اختبرت مخابر بل الطيف 10/7 و60 غيغاهرتز/8.5. لم يكن النطاق 10 غيغاهرتز مستخدماً من قبل الحكومة الأمريكية كما كان النطاق 60 غيغاهرتز ذو الاعتماد العالي يمكن التخصيص لأي مستخدم. شكراً لانتشار تلفزيون الكابل وبالتالي لم يستخدم التلفزيون الإذاعي جميع الأتية الـ 82 في عام 1974، إذ أعادت الـ (FCC) تخصيص النطاق 800 ميغاهرتز من أتية التلفزيون الإذاعي (القناة 73 إلى 83) لمشغلي الخليوي.

في السبعينيات كانت الـ (AT&T) تطور أول جيل منظومة هاتف خليوي في (Holmdel N.J) وطلبت خلاصة وثيقة الـ (FCC) رقم 18262 لتخصيص جزء من الطيف الترددي لتشغيل المنظومة الخليوية. بينت الـ (AT&T) للـ (FCC) بأنه إذا أمكن تخصيص نطاق طيف الـ 75 ميغاهرتز لمنظومة الخليوي فإن الأخيرة سوف توفر سعة كلام غير محدودة لعدد غير محدود من المشتركين. خصصت الـ (FCC) في عام 1974 أربعين ميغاهرتز لمنظومة الخليوي كما حجزت 30 ميغاهرتز لها. خصصت الـ (FCC) طيفاً أقل لمنظومة الخليوي نظراً لأن الأخيرة استطاعت في البداية التعامل مع عدد قليل من المشتركين وبمحاذاة أقل من الطيف.

قاد Frank Brecher في غابر بل طاقم تطوير تجهيزات في تطوير المنظومة الخليوية التجارية. أُنجزت غابر بل في Naperville - شيكاغو تجهيزات البدالة (switch) بتعديل منظومة البدالة الالكترونية (ESS) No.1 مع معالج رقم (1A). أُنجزت المنظومة (ESS) رقم 1 المعدلة للبدالة الخليوية خلال ثمانية أشهر فقط. كان التغيير الحاسم هو رقم الخط المحلي (The Local Line Number) إلى جانب للمهاتفة (calling) ووظائف المناولة (hand off). لا يوجد في البدالة (switching) للمتنقلة أرقام خطوط محلية مرافقة لأي قناة ترددية، فالمشتركون قادرون على استخدام مختلف الأتية الترددية مع مختلف المكالمات. لهذا السبب استخدم رقم الخط المحلي الزائف ليحل محل رقم الخط المحلي. حفظ هذا التغيير الحاسم البرمجيات القائمة من تبديل أو تعديل رئيسي. إن التقنيات الرئيسية والتي تنفرد بها الأنظمة الخليوية هي:

1. الفرق بين تصميم الهاتف النقال والهاتف السلكي هو في التغلب على خفوت الإشارة المستقبلية في ظروف الراديو المتنقل إذ يتبدل مستوى الإشارة علواً وانخفاضاً وفق حركة المركبة. يسمي التبديل السريع في شدة الإشارة إلى جودة الكلام. ولهذا يستخدم أسلوب التنوع (Diversity Scheme) للتقليل من الخفوت (fading) عن طريق استقبال إشارتي خفوت مختلفتين وكتلتهما تحملان نفس معلومات الكلام، والهدف من جمعها هو تنعيم (تخفيف) الخفوت. إن أكثر أساليب التنوع هو التنوع الفراغي (space) حيث يتم استقبال إشارتين من هوائين تفصل بينهما مسافة قدرها نصف طول موجة أو أكثر في حالة المحطة المتنقلة<sup>19</sup> (أي 6 إنش تقريباً عند التردد 850 ميغاهرتز و3 إنش عند التردد 1900 ميغاهرتز) بينما تساوي ثمانية أطوال موجة في حال محطة القاعدة<sup>10-11</sup> (Base). (أي 9 أقدام تقريباً عند التردد 850 ميغاهرتز وأربعة أقدام عند التردد 1900 ميغاهرتز). يعتبر أسلوب التنوع عنصراً أساسياً في تحسين أداء المنظومة للكلام والمعطيات (data) في منظومة خليوية.

2. خطة إعادة استخدام التردد Frequency reuse scheme. يمكن زيادة مردود الطيف

\*. تدعى أيضاً (hand over)

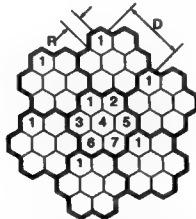
(spectrum efficiency) لإعادة استخدام نفس تردد القناة في مواقع مختلفة. يحدد الحد الأدنى من الفصل الفراغي بين قناتين مشاركتين (Cochannel) بنفس التردد بالمعلم  $(q)$  اعتماداً على مطلب الجودة الكلامية  $12.3/1$

$$[1.1] \quad q = \frac{D}{R}$$

حيث أن  $D$  هي المسافة الجغرافية بين القناتين للمشاركتين  $R$  هو نصف قطر الخلية و  $K$  عدد خلايا العنقود (cluster)، تساوي  $(q)$  لـ 4.6 في خدمات الهاتف النقال المتقدمة (AMPS: Advanced Mobile Phone Servers) يعني هذا أن على المسافة بين موقعي الخليتين المشتركين أن تكون:  $D = 4.6 R$ . يتم حساب التجمع (العنقود) (cluster) ذو الخلايا السبعة في التركيبة السداسية الطبوغرافية المبينة في الشكل رقم (1.1) باستخدام العامل  $K$  (عدد الخلايا في العنقود)  $12.3/1$  حيث أن:

$$[2.1] \quad K = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{D}{R}\right)^2 = \frac{1}{3} q^2 = \frac{1}{3} \left(\frac{D}{R}\right)^2 = \frac{1}{3} (4.6)^2 = 7$$

يخصص تردد مختلف لكل خلية في تجمع العنقود سباعي. إذا أمكن في منظومة ما حمل  $q$  أصغر قيمة من 4.6 مع المحافظة على الجودة الكلامية فإن  $K$  تصبح من المعادلة [1.1] أقل من 7 كلما تناقصت  $q$  ازدادت السعة الراديوية وتناقصت  $K$ .



$$q = \frac{D}{R} = 4.6$$

$$K = \frac{1}{3} \left(\frac{D}{R}\right)^2 = 7$$

الشكل 1.1: نموذج لإعادة استخدام التردد

تحتاج كل خلية في منطقة عالية الحركة إلى تقسيم آخر بثلاثة قطاعات ولكل قطاع



مجموعة من الترددات مختلفة كما هو مبين في (الشكل 1.1). إن أسلوب إعادة استخدام التردد هو مفتاح زيادة السعة في المنظومة الخليوية<sup>13/</sup>.

تعمل الخلايا المتجاورة بسبب إعادة استخدام التردد على مجموعة مختلفة من الترددات، وعند انتقال المحطة المتنقلة إلى خلية جديدة فإن كل قناة ترددية تجري عبرها المكالمات في الخلية الأولى سوف تنتقل إلى قناة ترددية أخرى في الخلية الجديدة، تدعى هذه العملية بالمناولة (hand off). يصمم مهندسوا المنظومة بحيث تتحكم المنظومة بعملية المناولة ولا داع لتدخل المشترك في ذلك.

كانت ميزة المناولة تقانة جديدة غير مرهنة في أوائل السبعينيات. ويتضمن تطويرها مخاطرة وكلفة عالية. وفوق ذلك فقد اعتمد نجاح تجارة الخليوي على ميزة المناولة والتي تتيح للزبون التحدث بالمهااتف النقال أثناء القيادة دون اعتبار كم هو بعيد ودون أن يعانسي من انقطاع المكالمات.

#### 4.1 استراتيجية التسويق الناجحة للـ AT&T في عام 1963 بالاتصالات

##### الفضائية

أنجز في عام 1963 مشروع الصدى بنجاح وكان أول تجربة إتصال ساتلية باستخدام بالون. (أي ساتل غير فعال). تبعه دراسة نظرية لـ John Pierce. أنجزت جيداً وصله إتصال كلامي باستخدام ساتل غير فعال (passive) بين مخابر بل في (JPL و Growford Hill و california) ثم أطلق التيلي ستار (Teletstar) أي الساتل الفعال بنجاح وكان على مهنة اتصالات السواتل أن تحترق من قبل AT & T مستقبلاً. حققت AT & T استراتيجية تسويق هائلة في ترقية اتصالات السواتل ما بين عامي 1961 و 1964. خلق تسويق الـ AT&T موجة كبيرة من الاهتمام في الولايات المتحدة قبل الانتشار التجاري مما جعل الكونغرس يدرك أهمية وتأثير هذه المهنة (التجارة). أوقف الكونغرس الـ AT&T من التعاطي في تجارة الاتصالات الساتلية وبدلاً عن ذلك شكلت شركة جديدة عرفت بـ كوم سات (Com Sat). أمرت الـ AT&A بأن تعطي تقنياتها ودعمها للمالي لـ كوم سات. كان ذلك حركة جيدة لصالح الأمة. لكنها لم تكن مفيدة لاستراتيجية AT&T والتي كان عليها أن تتبدل بأن

يتم تأخير إعلانها إلى أن يبدأ انطلاق تجارة الاتصالات الساتلية وعندئذ تعزز التجارة بالتدريج. كان يمكن للـ AT&T بهذه الاستراتيجية أن توهل نمو تجارة اتصالات السواثل بشكل راسخ قبل أن تنتبه إليها الحكومة وتشارك بها.

كانت اتصالات السواثل في ذلك الوقت تجارة عالمية وتقانتها مهينة في السبعينيات لكن اتصالات السواثل لم تنغمس بالاتصالات الشخصية (Personal) بصورة مباشرة مع أن الأخيرة ذات سوق كبيرة. إنه السبب في أن الاتصالات الخليوية/خدمة الاتصالات الشخصية (PCS: Personal Communication Service) بدأت بالإفلاق عام 1980 بينما بدأت اتصالات الإنترنت في عام 1990، مع ذلك إن علينا أن نعطي AT&T رصيدها من الإسهام في الاتصالات الساتلية.

### 5.1 لماذا لم تتمكن المنظومة الخليوية من الانتشار في السبعينيات؟

يسمى كان تطوير الـ (AMPS) قيد الانتهاء من قبل مخبر بل AT&T عام 1976 خصصت الـ (FCC) 40 ميغاهرتز من الطيف للاستخدام الخليوي. ومع ذلك لم تتمكن الـ FCC من إطلاق الترخيص الخليوي للـ AT&T بسبب دور قوي أداه لوبيسي (Lobby) مثله الحامل المشترك الراديوي (RCC: Radio Common Carrier)، اتحاد توزيع (dispatch) ونداء (paging) ضد AT&T بهدف إيقافها عن متابعة تجارة الخليوي. عللت الـ RCC ذلك بأن تجارة الخليوي سوف تهدد تجارتهم بصورة مباشرة. وقد تحققت مخاوفهم حالما أفلحت تجارة الخليوي إلا أنهم نجحوا في إبقاء FCC دون أي تحرك حتى عام 1980. قررت الـ FCC في ذلك التاريخ أن تقسم طيف الـ 40 ميغاهرتز إلى نطاقين: النطاق الأول A والنطاق الثاني B. كان كل من النطاقين مساو لـ 20 ميغاهرتز. رخص النطاق A لشركات اللاسلكي (توزيع ونداء) بينما رخص النطاق B لشركات (الهاتف) السلكية. انتشرت منظومات الخليوي بعد هذه التسوية عام 1980. هذا هو سبب كون الولايات المتحدة رغمًا عن ذلك أول مخترع لمنظومة الخليوي، وكان النموذج الياباني (NTT) لمنظومة (AMPS) أول منظومة خليوية في العالم انتشرت في طوكيو عام 1979. كانت رؤية RCC صحيحة أواخر السبعينيات. كما يمكننا أن نرى نمو وازدهار صناعة

الخليوي اليوم. وصل احتراق السوق للـ 15% ولا يزال مستمراً في النمو. مع ذلك كان ينبغي على شركات النطاق A ألا تبيع تجارها باكرأ جداً. لقد تم شراء منظومات معظم شركات النطاق A من قبل شركات النطاق B. ويبين المقطع 5.5 تاريخ هذه الحوادث.

### 6.1 لماذا حصلت OKI على أول صفقة (200) هاتف خليوي؟

للـ AT&T ثلاث وظائف: تشغيلية (21 مشغل إقليمي)، وإنتاجية (Western Electric Co) وبحث (مخابر بل). خططت وزارة العدل الأمريكية (DOJ) لوقت طويل لتجريد AT&T إلا أن الأخيرة كانت دائماً تتفاوض للاحتفاظ بدور الوظائف الثلاث، تشغيل، إنتاج، وبحث. قيدت الـ DOJ عام 1974 الـ AT&T من إنتاج الهواتف الخليوية. ثم أعلن عطاء مفتوح للمنتجين خارج AT&T، منهم من اعتم بالعطاء: (RCA) وموتورولا و(أي إف جونسون) وGE وشركة يابانية تدعى OKI. أعطت حكومة الولايات المتحدة بعد الحرب العالمية الثانية الشركات اليابانية تدبيراً مؤقتاً خاصاً يسمح لها بالتمتع بنفس الفرصة في دخول المناقصات ضمن الولايات المتحدة. فازت OKI. بدعم الكونغرس الأمريكي بالحصول على العطاء. كانت تقانة الـ 200 جهازاً محمولاً لـ OKI هي تقانة AT&T التي تعلمتها OKI. أعلن بعد ستة أشهر عطاء آخر لـ 1800 جهازاً محمولاً باليد من قبل AT&T. ربح العطاء في هذا الوقت ثلاث شركات هي أي إف جونسون وOKI وموتورولا أنتج كل منها 600 جهازاً.

طورت مخابر بل تجهيزات اختبار لاختبار الهواتف للصناعة من المصادر الخارجية، وذلك للتأكد من أن معلومات التجهيزات المحددة للجهاز المحمول كانت محققة. كان استحداث مثل مبدأ اختبار التجهيزات هذا هاماً جداً لأنه يؤكد ما إذا كانت محطة قاعدة لمنتج ما قادرة على العمل مع جهاز محمول باليد مصنع من قبل منتج آخر. كان لا بد لجميع المعلومات أن تكون ضمن المجالات المحددة. طبق فيما بعد مبدأ تجهيزات الفحص على تطوير التجهيزات التجارية للمنظومة المتنقلة العالمية أو GSM التي دعت سابقاً بالمجموعة المتنقلة الخاصة

(Special Mobile Group)

## 7.1 نموذج الخفوت السريع وتنوع مركبة الحقل

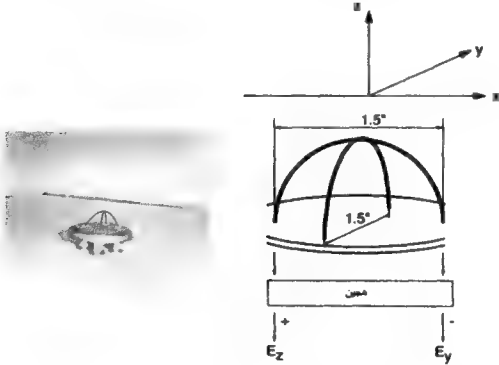
طلب John Pierce المدير التنفيذي لدى محابر بل في عام 1965 من E.N. Gilbert خبر نظرية الاتصالات والترميز الشهير أن يدرس فكرته الجديدة<sup>14/</sup> في جمع الحقلين المغناطيسي والكهربائي لتقليل الخفوت السريع. استحدث (Gilbert) موديل خفوت تعدد المسار (multi path) لتحليل أداء ما يسمى إشارة كثافة القدرة النسي يرمز لها بـ  $Wm$

[3.1]

$$Wm = \epsilon |E|^2 + \mu |H|^2$$

حيث أن  $\epsilon$  هي السماحية أو تدعى ثابت العزل (dielective) و( $\mu$ ) هي قابلية نفوذ الوسط (permeability). طبعت ورقة Gilbert عام 1965/15. أخذ W.C.Y. Lee نموذج (Gilbert) واشتق منه الإحصائيات ثنائية المرتبة مثل معدل اجتياز المستوى وفترات دوام الخفوت وطيف القدرة. طبعت عام 1966/16. طبق كل من (Jakes) و(Ruddink) اشتقاق Lee في ورقتهما لعام 1966/17. دعا (R.H. Clarke) في عام 1965 إلى لقاء نيابة عن Cutler لطلب عروض رسمية حول طرق تجريبية وإحصائية من قبل ثلاثة باحثين (انظر المستند 1A). كتب (R.H. Clarke) 18/ في عام 1967 ورقة مختصرة رائعة باستخدام نموذج Gilbert. أتت معظم الإحصائيات الثانية في ورقة Clarke من Lee. ولا يعلم معظم المؤلفين اليوم تاريخها. يجب تسمية النموذج المتنقل للمسار للتعدد Multi path Mobile Model بنموذج Gilbert تشريفاً لإسهامه الريادي. طبعاً احتاجت فكرة تنوع مركبة الحقل (Field Diversity Component) باستخدام مبدأ كثافة القدرة إلى هوائي كثافة قدرة (Energy Density Antenna) والذي كان من تصميم Lee. الهوائي عبارة عن هوائي إطار مكون من نصف دائرة كما هو موضح في (الشكل 2.1). استخدم فيه هجين فرق طور قدره 180°. يستعيد منفذ الجمع (sum port) الحقل E فيما يستعيد منفذ الطرح الحقل H. إن قطر الإطار 1.5 إنشاً عند التردد 850 MHz. استخدم هذا الهوائي لإثبات البدأ. بينت القياسات بأن الحقلين  $E$  و  $H$  غير مترابطين (uncorrelated) عند استقيالهما بنفس الوقت. كانت طريقة تنوع جيدة جداً لأن مسافة فصل (seperation) الهوائى لم تكن مطلوبة. السعة الصغيرة الوحيدة كانت في أن: ربح الأنشطة أقل من ربح هوائي الديبول. وكذلك تحتاج متطلبات مسافة فصل

الهوائي في التنوع الفراغي على سطح الآلية إلى نصف طول الموجة فقط (6 إنش عند التردد 800 ميغاهرتز) كما سبق وذكر في (المقطع 3.1) وقد كان من السهل تنفيذه. لهذا جمدت طريقة هوائي كثافة القدرة. أنتجت الأجهزة المحمولة أواخر الثمانينات واحتاج الأمر لطرق تنوع، ونظراً لصغر الحيز الفراغي للأجهزة النقالة فقد بدء بالعودة لمفهوم طريقة تنوع الحقلين  $E$  و  $h$  وزودت بها الأجهزة النقالة في اليابان.



الشكل 2.1: تركيبة هوائي كثافة القدرة

### 8.1 النموذج التجريبي Prototype الأول لوحدة متنقلة وموقع خلية

طُور النموذج التجريبي لوحدة متنقلة عام 1970 وكان مختلفاً عن منظومة خدمة الهاتف المتنقل المحسنة (IMTS) في السبعينيات. أولاً: تطلب الأمر توليد أي من عدة مئات من أفضية التردد الراديوية (RF) في الوحدة المتنقلة عن طريق أمر من الشبكة الأرضية. لقد

\* (IMTS: improved mobile telephone system).

كان المطلوب مركباً مشكلاً Synthesizer ترددياً معقداً. وثانياً: استخدمت الوحدة المتنقلة التنوع (diversity) لحماية قناة التردد الراديوية العاملة من خفوت رايلي (Rayleigh). وثالثاً: استخدام تكامل عالي المستوى لتقانات دائرة جديدة لتقليل كلفة الوحدة المتنقلة وحجمها.

### مخبر هاتف بوسل

#### المنشأة

الموضوع: منشآت حول بعض توليف	تاريخ: 12 مايو عام 1965
الراديو المتنقل	من: R. H. Clarke

السادة: C.C. Cutler

E.N. Gilbert

W.C. Jakes

Lee W.C.Y. نسخة له

لقد اقترح بأن على بعض منا ممن هو مهتم في ترجمة تجارب الراديو المتنقل وتحليل أنظمة الراديو - المتنقل المحتمل أن يلتفتوا على الأمل لبعيداً مما لمنشأة وانتقاد أية أفكار قد تكون لكلفة. التصور هو أن شكلاً معقداً من مثل هذه الجلسات سيكون له نصف الوقت المتاح ويخصص للتقديم الرسمي لموضوع ما أو مجموعة مواضيع والوقت المتبقي للمنشأة. يجب أن يبدو بسرعة فيما إذا كلى هذا الفصل شكل أم لا. وما هي دورية مثل هذه اللقاءات.

تمت جولة أول لقاء الساعة التاسعة صباح يوم الأربعاء في التاسع عشر من مايو في (Murray Hill) ضمن غرفة مكتب السيد (C.C. Cutler) رقم 337-IE. سيمثل التوقيع لئانه بهذه المناسبة العرض الرسمي.

سيبدأ هذا العرض بمراجعة مختصرة لبعض النتائج عبر بعض السنوات السابقة مع معلومات راديو - متنقلة تجريبية في جوار (Murray Hill) مع موجز لبعض أنظمة حديثة هي قيد عمليات الاختبار. سيتم توضيح أساس طريقة نظرية بسيطة تشمل وفق بدليتها وصفاً إحصائياً لحقول تردد راديوية واردة (سلسلة) على لائط متنقل. ستستخدم هذه الطريقة لمساب طيف الخفوت لخرج كاشف المستقبل. أخيراً ستقارن لطيف خفوت تجريبية مع النتائج النظرية هذه وستتم بعض التنبؤات لظروف خفوت من المحتمل أن تتم موجهتها في الأنظمة قيد الاختبارات.

تم توقيع الأصل من قبل  
R.H. CLARKE

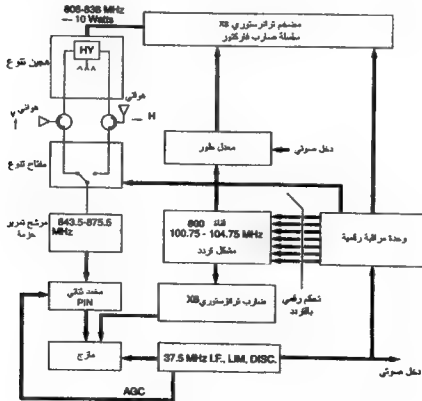
HON-1551-RHC-EEB

مستند 1A مذكرة R.H. Clarke

كانت الوحدة المتنقلة الخلفية التحريية بأبعاد 12x12x25 إنشاً. تكونت الوحدة من مجموعة لوحات دارات مطبوعة من شرائح زجاجية-ايوكسي (epoxy-fiberglass) ضمن تجاويف من الألمنيوم المسبك لم يكن السبك الذي تم تزويده حيزاً صلباً قليل الكلفة فحسب

ولكنه وفر تصفيحاً كافياً لمنع توليد إشارات طفيلية (spurious) وهي مسألة تواجه غالباً مع مشكلات التردد.

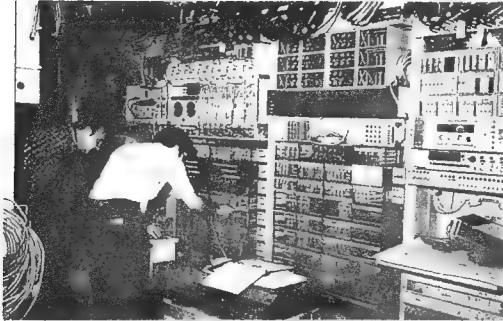
كانت الوحدة المتنقلة التي يبين (الشكل 3.1) مخططاً صندوقياً لها مرسلًا-مستقبلاً معقدًا بتعديل ترددي (FM) يوفر إرسالاً واستقبالاً كلامياً مزدوجاً (Duplex) عن طريق تقسيم نطاق التردد الراديوي إلى جزئين الفرق بينهما تردد متوسط (IF) بحيث أن منظومة توليد ترددية واحدة قد تخدم كمصدر واحد لكل من قدرة المرسل وقدرة المهتز المحلي. تمت قيادة المشروع النهائي من قبل (Reed Fisher) في غابايل بل/20. وبين (الشكل 4.1) هاتفاً يدوياً تمثلياً (Cellular) خليوياً دعي بستانريك (Startec) صنع من قبل شركة موتورولا. وفي عام 1995 أصبح حجم هذا الهاتف أصغر بكثير بالمقارنة مع النموذج التجريبي السابق وله مزايا عديدة أكثر.



الشكل 3.1: المخطط الصندوقي لوحدة متنقلة عالية السعة



الشكل 4.1: الجهاز المحمول باليد الثماني الخليوي، ستارتيك لموتورولا



الشكل 5.1: للنظر الداخلي لبناء موقع خلية في مدينة ليونز (Lyons).

يبين (الشكل 5.1) موقع خلية (Cell Site) بتجهيزات وأجهزة ذات ستة عشر قناة



مركبة في بناء موقع خلية Lyons في Lyons, Illinois) في عام 1977. إن جامع الأقنية الستة عشر ميين على يسار (الشكل 5.1). لقد كان حجم موقع الخلية كبيراً جداً بالمقارنة مع خلية بيكو (Pico cell) للمصنعة من قبل شركة هونداي في عام 1999 والمبينة في (الشكل 6.1).



الشكل 6.1: خلية بيكو لهونداي في عام 1999

## 9.1 أداة تطوير منظومة رقدة لأسواق انطلاقي شركة تشغيل بل (Bell) الإقليمية

اعتمدت أداة تطوير منظومة خليوية في عام 1984 زودت من قبل AT&T في مخابر بل whippany N.J (Bell) على نموذج تنبؤ انتشار لي (Lee). بدأ التحقق من صحة نموذج الانتشار الجديد عام 1974. استخدم النموذج خرائط تضاريس من وكالة الخريطة الدفاعية (DMA: Defense Map Agency) من أجل توليد نقاط معطيات استقبال إشارة التنبؤ.

استخدمت خرائط طبوغرافية بمقياس 1: 50,000 من أجل قابلية تمييز أعلى (resolution). كانت الخارطة لمساحة 8x5 أميال تقريباً. كما كانت خطوط المناسيب على فواصل قدرها عشرين قدماً. لتوليد خارطة شبكية وتخزين ارتفاع كل شبكة في الحاسب، كانت مساحة كل شبكة حوالي نصف كيلومتراً مربعاً ليكون عدد الشبكات على الخارطة مساوياً لـ (24x18) شبكة. استخدم بعد ذلك وسطي حلقة العين (eye ball) لارتفاعات التضاريس في كل شبكة. كانت حصيلة قيم وسطي حلقة العين جيدة بما فيه الكفاية لاستخدام متنبئ (Predictor) نموذج لي (Lee). نفذ هذا المشروع بمجهود مشترك بين مختبر بل وطاقم ثلاث ولايات (Tristate) (بيل نيويورك - نيوجرسي بيل - بيل انكلترا). كان حساب متوسط الارتفاع للخارطة الشبكية كدخلاً كثيفاً.

خففت فيما بعد قابلية تمييز كونتور الخارطة، بعد ذلك كان البديل شراء شريط (1x1°) المركز الطبوغرافي لوكالة الخريطة الدفاعية (DMATC: Defense Map Agency Topographic Center) من DMA/21. لها 120x120 شبكة معطيات. كان قياس كل شبكة معطيات 3x3 كما هو مبين على (الشكل 7.1). إن شكل شبكة 3x3 عند خط الاستواء هو مربع، مع ذلك إن هذه الشبكة ليست مربعاً عند خط عرض أعلى بعيداً عن خط الاستواء.

فمثلاً إن قياس الشبكة عند خط عرض 40° (خط طول - خط عرض) هو 200x300. خزن ارتفاع كل شبكة على الشريط من خارطة رقمية ذات مقياس 1: 250000. إن قابلية التمييز الكونترتي في مثل هذه الخارطة هي (200) قدماً للفواصل (أي كونترات، صفر، 200، 400 وهكذا) يتم الحصول على ارتفاع كل شبكة بالمقاربة (extrapolating) من قيم الشاطئ الطبوغرافية ثم أخذت متوسط قيم ارتفاعات من (30) شبكة (5x6 شبكة). بينت المقارنة باستخدام هذه القيمة مع القيمة التي تم الحصول عليها من متوسط مقلدة العين لنفس الموقع بأن الدقة التي تم الحصول عليها كانت واحدة من كلا الطريقتين. نظراً لأن متوسط مقلدة العين كان جهلاً كثيفاً، فقد قبلت عملية أخذ المتوسط من شريط (1x1°) (tape) للـ DMA. نظراً لأن سعة الحاسب أصبحت كبيرة، وأمكن تجارياً تخزين 1200x1200 شبكة في الحاسب استخدمت كدخول لنموذج تنبؤ انتشار لي (Lee). بحلول مارس عام 1979 كانت



## 10.1 أنظمة خلوية رقمية

### 1.10.1 أنظمة TDMA (تقسيم زمني متعدد النفاذ) (Time Division

Multiple Access)

كان قصور سعة منظومة تماثلية خلوية موضع قلق بسبب بدء تنامي المنظومة الخلوية بسرعة كبيرة. إحدى طرق زيادة السعة هو الذهاب إلى الأسلوب الرقمي. منظومة الجيل الأول هي تماثلية أو يمكن القول منظومة التقسيم الترددي متعدد النفاذ (FDMA). منظومة الجيل الثاني هي منظومة تقسيم زمني متعددة النفاذ رقمية (TDMA). منظومة الجيل الثالث هي تقسيم الرمز متعددة النفاذ رقمية (CDMA).

### 2.10.1 NATDMA (و) PDC /28-23/

استخدم التقسيم الزمني متعدد النفاذ TDMA لشمال أمريكا (NA-TDMA) والخليوي الرقمي الشخصي (PDC) تقنية الـ TDMA لإحراز منظومة عالية السعة. كانت المواصفة (IS-54): (NA-TDMA) ثم عدلت فيما بعد وسميت (IS-136) انتشرت منظومات الـ NA-TDMA بصورة رئيسية من قبل AT&T و SBC وبل في جنوب الولايات المتحدة عام 1993 بينما انتشرت الـ PDC في اليابان عام 1994. ورغم أن انتشار هاتين المنظومتين كان ناجحاً، إلا أن أي منهما لم يبين تفوقاً على المنظومات الرقمية الأخرى من وجهة نظر السعة. فاقت سعة هاتان المنظومتان بحدود الثلاث مرات سعة الـ AMPS.

### 3.10.1 GSM /31-29/

بدأت أول منظومة خلوية رقمية بالتطوير من قبل مجموعة دعيت GSM (Special Mobile Group) عام 1983 رعتها المجموعة الأوروبية. كانت المجموعة تعمل على منظومة رقمية مختلفة عن الـ AMPS التماثلية، أيضاً أرادت المجموعة تحدي التقنية المتقدمة باستخدام التقسيم الزمني متعدد النفاذ (TDMA) كان الـ TDMA المستخدم في الـ GSM أول تقانة مطبقة لمنظومة خلوية (راديو - متنقل). لم تأخذ المجموعة في ذلك الوقت في اعتبارها مسألة السعة. لم يكن أحد يتصور في أوائل الثمانينات بأن السعة الراديوية يمكن أن تكون فيما بعد مسألة كبيرة بسبب النمو في صناعة الخليوي. استخدمت شبكة الـ GSM بتعديل من الشبكة الذكية المتقدمة السلكية (AIN: Advanced Intelligent Network).

تعاملت الـ AIN - السلكية مع وصلة ثابتة - ثابتة فقط. عندما تكون إحدى النهايتين متحركة بدلاً من أن تكون ثابتة فإن على الشبكة أن تعمل بسرعة على إقامة المكالمات والحفاظة عليها خلال تجوال الوحدة المتنقلة وإلا فإن المكالمات ستقطع. أصبحت مشكلة الـ GSM بعد 35 مراجعة الشبكة الأكثر ذكاءً في العمليات الخلوية.

مخبر بل  
Bell Laboratories  
600 Mountain Avenue  
Murray Hill Jersey 07974  
Phone (201) 582-3000

30 تشرين أول لكتوير 1979

دكتور W.C.Y Lee

شارع Hickory 9

دنظلي - نيوجرسي 07834

عزيزي بل (Bill):

رداً على رسالتكم بتاريخ 17 و 21 تشرين أول لكتوير 1979 أعلمكم بأننا استلمنا لكتو نسخة شريطية (ribbon) من منكرتكم نموذج انتشار رايدوي متنقل جديد - قضية رقم 7-39445 مؤرخة في 30 مارس عام 1979. تتضمن تلك المذكرة صوراً لـ 29 شكلاً ذكرت بالنص. إنه لمن دواعي سروري أن أعيد لكم تقدير العناصر الفنية من صلتهم معهم لدى مخبر بل (Bell) مخبر الاتصالات المتنقلة. كتب إلي السيد R.D. Johnson في مضمير الاتصالات الحديثة المتنقلة بنموذج الانتشار الآتي:

"بل لي (Bill-Lee) قام بإسهامات متحدة نمو تقنية الراديو المتنقل مع مخبر بل (Bell) خلال نشاطه بالمجال في أعوامه الخمسة عشر، تشهد مطبوعاته المختلفة على صدق إلتجيبته لدى مخبر بل."

"إذا كان عليك أن تحصل على فرص إضافية للاتصال مع بل (Bill) أرجو أن تذكر بأننا نقدر عالياً إسهاماته لسنا في الاتصالات المتنقلة نحن ممنون بصورة خاصة لعمله كرأس حربة في تطوير نموذج الانتشار المتنقل الجديد كي يستخدم في تخطيط منظومة خدمة الهاتف المتنقل لبل (Bell) الجديدة. الرجاء تقديم أفضل تمنواتنا لبل (Bill) وكذلك أفضل تمنواتنا لنجاح مستمر."

أخيراً بل (Bill) نقبل تمنواتي الشخصية بأن تجد النجاح وتحقق عمالك الجديد

ودعتم

C.S. Phelan

محملي البراءة

CSP: JC

المستند I.B رسالة C.S. Phelan إلى Lee

جعلت الشبكة الذكية الناجحة (IN: Intelligent Network) الـ GSM منظومة طليعية في الاختراقات عمر العالم. احتاج تطوير الشبكة الذكية في أوروبا إلى جهد جماعي. عمل المهندسون من كافة أنحاء أوروبا معاً مسهمين بنصائحهم في مشروع كبير، بينما كان الإبداع في الولايات المتحدة في عقل كل فرد ويحاول إحرازه ليكون البطل الأسمى. لقد وضعت فقط منظومة (MA-Bell) جهداً جماعياً في شبكة منتشرة على مستوى الأمة في الولايات المتحدة. يثر هذا سؤالاً فيما إذا كان تنظيم أو تجريد AT&T صحيحاً. فإذا كان الآخر هو الجواب فإن الثمن الذي دفعناه هو فقدان الجهد الجماعي في بناء مشاريع كبيرة في القطاع الخاص بالولايات المتحدة.

#### 4.10.1 منظومة تقسيم الرمز متعددة الوصول: CDMA ONE/35-32

طورت منظومة الـ CDMA من قبل شركة Qualcomm عام 1989 بعد إعلان الـ NA TDMA معياراً لجيل ثالث (A Second-Generation Standard). عومت منظومة الـ CDMA على أنها جيل ثانسي وانتشرت في الولايات المتحدة وكوريا وهونغ كونغ. وقد برهنت على أنها منظومة عالية السعة. أعيدت تسمية منظومة الـ CDMA المطورة من قبل Qualcomm لتكون cdmaOne من قبل مجموعة تطوير الخليوي (CDG: Cellular Development Group) عام 1997. يبين الفصل السادس وصفاً تفصيلياً للـ CDMA.

#### 11.1 الساتل منخفض المدار المتنقل/36

انتشرت في الماضي المنظومات الساتلية شبه المستقرة (geostationary) وبحاج الأمر لثلاثة أو أربعة سواتل شبه مستقرة لتغطية كامل الكرة الأرضية. تدور هذه السواتل حول الأرض بنفس السرعة التي تدور بها الأرض لهذا فإن الوصلة أرض إلى ساتل ثابتة على الدوام وأسهل على اتصالات السواتل، ومع ذلك وفي حالة اتصالات السواتل المتنقلة فإن قدرة الإرسال محدودة. إن قدرة الجهاز المحمول باليد المتنقل محدودة أكثر. يضاف إلى ذلك أن الـ (250) ميلي ثانية من الوقت الذي تستغرقه رحلة الانتشار في نظم السواتل المستقرة طويلة جداً من أجل الأداء الكلامي. إن مسألة تقنية المنظومة مصدر قلق دائماً. لهذا تم تقديم الساتل ذي المدار المنخفض (LEO: Low Orbit Sattillite) لأول مرة في الستينات من قبل محابر بل.

دعي حينئذ بساتل الاتصالات الفعال منخفض الارتفاع/37/ واقترح للطيران الوطني وإدارة الفضاء (NASA: National Aeronautics and Space Administration) كان لمنظومة الساتل إشارتان عريضتا الحزمة على ارتفاع 600 إلى 5000 ميلاً بحراً ولها مدار قطع ناقص (elliptical).

إن ميزة وسيلة الـ LEO هي في استخدام جهاز منخفض القدرة وله تأخير إشارة أقل. يمكن لأربعين حتى سبعين ساتلاً أن تحقق سعة أكثر عن طريق إعادة استخدام التردد وأن تغطي كامل الكرة الأرضية. لم يطبق على الإطلاق الـ LEO المقترح من قبل مخابر بل.

بدأ الـ LEO بالعودة مرة أخرى أواخر عام 1980 لمنظومة الساتل المتنقل. منظومتان شائعتان هما الإيريديوم وغلوبال ستار. تتضمن منظومة الإيريديوم/38/، 66 ساتلاً يعمل كل واحد منها كمحطة قاعدة وكبدالة في الفضاء. إن منظومة الإيريديوم متقدمة تستخدم تقانة عسكرية. يمكن استقبال المكالمات الصادرة عن الأجهزة المتنقلة من قبل سواتل الإيريديوم التي تدور حول الأرض كل ساعتين تقريباً. تتولى سواتل الإيريديوم توصيل المكالمات من ساتل إلى آخر حتى تصل إلى الوجهة المقصودة وبعدئذ ترسلها إلى بوابة أرضية. يحتاج الإيريديوم لعدد أقل من البوابات الأرضية مقارنة مع ما يحتاجه الغلوبال ستار. إن كلفة المنظومة مع ذلك عالية جداً. وبعض البلدان قلقة على سيادتها إضافة إلى خسارة التحكم بشبكها الوطنية.

تتضمن منظومة غلوبال ستار/39/ (48) ثمان وأربعين ساتلاً كل منها محطة ترحيل (relay) . يمكن أيضاً دعوها بمنارة أو بمعيد (repeater). إن ارتفاع سواتل غلوبال ستار أكبر من ارتفاع سواتل الإيريديوم لهذا تحتاج إلى عدد أقل من السواتل لتغطية كامل الكرة الأرضية مقارنة بمنظومة الإيريديوم. تستقبل سواتل الغلوبال ستار المكالمات الصادرة عن الأجهزة المتنقلة ولكن وباعتبار أنها محطات ترحيل فقط فإنها تتولى إرسالها إلى بوابة أرضية حال استقبالها. تتولى البوابة الأرضية التوصيل مع الشبكة الأرضية لكل دولة. يفوق عدد البوابات الأرضية في منظومة الغلوبال ستار عدد بوابات الإيريديوم الأرضية بسبب عمل الترحيل في سواتل الغلوبال ستار. اختفت مسألة السيادة في منظومة الغلوبال ستار بسبب عدم وجود وظيفة البدالة (non switching) في السواتل. المنظومة بسيطة أيضاً ومنخفضة الكلفة/37/.

وهناك مزيد من مناقشة الـ LEO في المقطع (21.5).

## 12.1 مراجع REFERENCES

1. Bell Laboratories, "High-Capacity Mobile Telephone System Technical Report." Submitted to FCC December 1971.
2. Bell Laboratories, "High-Capacity Mobile Telecommunications System" Developmental System Reports Nos. 1-8 published every 3 months, from March 1977 to March 1979.
3. V. H. MacDonald, "The Cellular Concept," *Bell System Technical Journal*, vol. 58.
4. F. H. Blecher, "Advanced Mobile Phone Services." *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, vol. VT-29, MAY 1980, PP. 238-244. Jan. 1979, pp. 15-42.
5. W. C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications: Analog and Digital Systems*, 2<sup>nd</sup> ed., New York: McGraw-Hill, 1995.
6. W. D. Lewis, "Coordinated Broadband Mobile Phone Systems." *IEEE Trans. Veh. Tech. Comm.* VC-9, May 1960, pp. 43-48.
7. D. O. Reudink, "Comparison of Radio Transmission at X-Band Frequencies in Suburban and Urban Areas," *IEEE Trans. Ant. Prop.* AP-20, July 1972, p. 470.
8. C. L. Ruthroff and L. U. Kible, "A 60 GHz Cellular System." *Microwave Mobile Symposium*, Boulder, Colorado, 1974.
9. W. C. Y. Lee, "An Extended Correlation Function of Two Random Variables Applied to Mobile Radio Transmission," *Bell System Technical Journal*, vol. 48, Dec. 1969, pp. 3423-3440.
10. W. C. Y. Lee, "Antenna Spacing Requirement for a Mobile Radio Base-Station Diversity," *Bell System Technical Journal*, vol. 50, July-August 1971, pp. 1859-1874.
11. W. C. Y. Lee, "Effects on Correlation Between Two Mobile Radio Base-Station Antennas," *IEEE Trans. Comm.*, vol 21, Nov. 1973, pp. 1241-1224.
12. W. C. Y. Lee, *Mobile Communication Design Fundamentals*, 2nd ed., John Wiley, 1993.
13. R. H. Frenkiel, "A High Capacity Mobile Radio Telephone System Model Using a Coordinated Small-Zone Approach," *IEEE Trans. Veh.* VT-19, May 1970, pp. 173-177.



14. J. R. Pierce, "Fading in Mobile Radio-Case 22108-11," Bell Lab internal memorandum for record, October 22, 1964.
15. E. N. Gilbert, "Energy Reception for Mobile Radio," Bell System Technical Journal, vol. 44, October 1965, pp. 1779-1803.
16. W. C. Y. Lee, "Statistical Analysis of the Level Crossings and Duration of Fades of the Signal from an Energy Density Mobile Radio Antenna," Bell System Technical Journal, vol. 46, February 1967, pp. 417-448.
17. W. C. Jakes, Jr., and D.O. Reudink, "Comparison of Mobile Radio Transmission at UHF and X-Band," IEEE Trans. Veh. Tech. 16, October 1967, pp. 10-14.
18. R. H. Clarke, "A Statistical Theory of Mobile Radio Reception," Bell System Tech. Journal, 47, July 1968, pp. 957-1000.
19. W. C. Y. Lee, "An Energy Density Antenna for Independent Measurement of the Electric and Magnetic Field," Bell System Technical Journal, vol. 46, Sept. 1967, pp. 1587-1599.
20. Reed Fisher, "A Subscriber Set for the Equipment Test," Bell System Technical Journal, vol. 58, Jan. 1979, pp. 123-144.
21. U. S. Department of the Interior, Geological Survey, "Digital Terrain Tapes," National Cartographic Information Center, US Geological Survey, 507 National Center, Reston, Virginia.
22. C. S. Phelan, Bell Lab Patent Attorney. A letter to W. C. Y. Lee to appreciate "A New Mobile Radio Propagation Model Case 39445-7," March 30, 1979.
23. Cellular System, IS-54 (incorporating EIA/TIA 553), "Dual-Mode Mobile Station-Base Station Combatibility Standard," Electric Industry Association Engineering Department, PN-2215, December 1989 (NADCA-TDMA system).
24. Cellular System, IS-55, "Recommended Minimum Performance Standards for Mobile Stations," PN-2216, EIA, Engineering Department, December 1989 (NADC-TDMA system).
25. Cellular System, "Minimum Performance Standards for Base Stations," PN-2217, EIA, Engineering Department, December 1989 (NATC-TDMA system).
26. Cellular System, IS-136, "800 MHz TDMA Cellular-Radio Interface-Mobile Station-Base Station Combatibility, (1) Digital Control Channel (2) Traffic Channels and FSK Control Channel." TIA/EIA, Dec. 1994.

27. Cellular Systems, TIA/EIA/IS-137, "800 MHz TDMA Cellular-Radio Interference-Minimum Performance Standards for Mobile Standards," TIA/EIA, Dec. 1994.
28. Cellular System, TIA/EIA/IS-138, "800 MHz TDMA Cellular-Radio Interface-Minimum Performance Standards for Base Station," TIA/EIA, Dec. 1994.
29. "European Digital Cellular Telecommunications System ( Phase 2 ):General Description of a GSM Public Land Mobile Network," ETSI, 06921 Sophia Antipolis Cedex, France, October 1993, GSM 01-12.
30. *Proc. Third Nordic Seminar on Digital Land Mobile Radio Communication*, September 12-15, 1988, Copenhagen (21 papers describe the GSM system ).
31. Bernard J. T. Mallinder, "An Overview of the GSM System, *Proc. Digital Cellular Radio Conference*, Hagen FRG, October 1988.
32. Cellular System, IS-95, "Dual-Mode Mobile Station-Base Station Wideband Spread Spectrum Compatibility Standard," PN 3118, EIA, Engineering Department, December 1992 (CDMA system).
33. Cellular System, IS-96, "Recommended Minimum Performance Standards for Mobile Stations for Mobile Stations Supporting Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Base Stations," PN-3119, EIA, Engineering Department, December 1993 (CDMA system).
34. Cellular System, IS-97, "Recommended Minimum Performance Standards for Base Stations Supporting Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular Mobile Stations," PN-3120, EIA, Engineering Department, December 1993 (CDMA system).
35. W. C. Y. Lee, "Overview of Cellular CDMA," *IEEE Trans. on Vehicular Technology*, May 1991, p. 291-302.
36. W. C. Y. Lee, *Mobile Communication Engineering, Theory and Applications*, 2d ed., New York: McGraw-Hill, 1998. Pp.540-547.
37. Bell Labs proposal to National Aeronautics and Space Administration. "Low Altitude Active Communication Satellite" for Proposal No. GS-1861, March 20, 1961.
38. J. E. Hatlelid and L. Casey, "The Iridium System: Personal Communications Any-Time, Any-Place," *Proc. Third International Mobile Satellite Conference*, Pasadena, June 16-18, 1993, pp.285-290.

39. R. A. Wiedeman "The Globalstar Mobile Satellite System for Worldwide Personal Communication," *Proc. Third International Mobile Satellite Conference*, Pasadena, June 16-18, 1993, pp.291-296.

### 13.1 مادة للقراءة

- Dixon, R. C., *Spread Spectrum System*, 3<sup>rd</sup> ed., New York: John Wiley, 1994.
- Feher, Kamino, *Wireless Digital Communications*, Prentice-Hall, 1995.
- Gallagher, M., and R. Snyder, *Mobile Telecommunications Network*, New York: McGraw-Hill, 1997.
- Jakes, W. C., ed., *Microwave Mobile Communications*, New York: John Wiley, 1974.
- Lee W. C. Y., *Mobile Cellular Telecommunications, Analog and Digital Systems*, 2d ed., New York: McGraw-Hill, 1995.
- Lee W. C. Y., *Mobile Communications Design Fundamentals*, 2d ed., New York: John Wiley, 1993.
- Lee W. C. Y., *Mobile Communications Engineering, Theory and Applications*, 2d ed., New York: McGraw-Hill, 1998.
- Mously, M., and M. B. Pautet, *The GSM System for Mobile Communications*, M. Mously & M. B. Pautet, 1992.
- Ojanpera, T., and R. Prasad, eds., *Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications*, Artech House, 1998.
- Rappaport T. S., *Wireless Communication*, Prentice-Hall, 1996.
- Simon M. K., J. K. Omura, R. A. Scholtz, and B. K. Levitt, *Spread Spectrum Communications Handbook*, New York: McGraw-Hill, 1994.
- Smith, C., and C. Gervelis, *Cellular System*, New York: McGraw-Hill, 1996.
- Stuber, G. L., *Principles of Mobile Communication*, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- Viterbi, A. J., *Principles of Spread Spectrum Communication*, Addison-Wesley, 1995.



## لماذا منظومات الراديو المتنقلة صعبة التطوير؟

- 1.2 طيف طبيعي محدود
- 2.2 لماذا نحتاج حاملاً (a carrier)؟
- 3.2 ما هي ظروف الراديو المتنقل
- 4.2 نجاح منظومة الجيل الخليوي الأول
- 5.2 إرسال التشوير (Signaling) ومعطيات معلومات عبر القناة الكلامية الثنائية
- 6.2 الترميز التكراري ليس ترميزاً جيداً للراديو المتنقل
- 7.2 معرفة صعوبات المناولة
- 8.2 المصطلحات الفنية الخليوية في شمال أمريكا
- 9.2 الحفوت الانتقائي وحالات عدم الحفوت
- 10.2 نجاح منظومة البدالة الإلكترونية والتطبيق لأجل البدالة المتنقلة
- 11.2 الانتشار ضمن الأبنية هل هو ثلاثي الأبعاد
- 12.2 أداء نسخة NTT للـ AMPS
- 13.2 قيمة أداة تنبؤ شدة الإشارة
- 14.2 تداخل القناة المشاركة بالتردد قاتل
- 15.2 تغطية (39) مقابل (32) ديسيل ميكرو
- 16.2 مزايا طرق التنوع
- 17.2 مراجع

## 1.2 طيف طبيعي محدود

إن طيف الأمواج الكهرومغناطيسية مورد طبيعي محدود، لذا فإن استخدام الطيف بكفاءة يعتبر تحد كبير. يحد التداخل الراديوي في الاتصالات اللاسلكية ضمن الطيف المخصص والأطيف المجاورة من عدد منظومات الخدمة القابلة للتشغيل (operational). لقد كان أملنا في السبعينيات اكتشافاً جديداً لموجة جاذبية أرضية قد توفر مجالاً (domain) جديداً لطيف يساعدنا في فتح وسائل اتصال أخرى. قد تستطيع موجة الجاذبية الأرضية إفتراضياً الانتشار عبر صفيحة معدنية. لكن لم يكن بالإمكان إعادة توليد المعطيات التحريرية تحت نفس الحالة (الطرف). تضاعلت آمالنا. طبعاً لازلنا لا نعتقد بأن الموجتين الكهرومغناطيسية والصوتية هما الوحيدتان في الكون فقط ويمكن استخدامهما في الاتصالات اللاسلكية. قد نجد موجة من نوع ثالث في المستقبل لها طيف أكبر وتنتقل بصورة أسرع من سرعة الضوء. لكن علينا اليوم أن ندير موارد طيفنا المحدود.

أصبحت خدمات الإنترنت تجارةً عالمية الانتشار إذ بدأت خدمات الإنترنت اللاسلكية بالإقلاع. يمكن نقل المعطيات عالية السرعة (حتى غيغاهرتز) والتي تتطلب عرض نطاق طيف (حتى 10) غيغاهرتز في خدمات الإنترنت السلكية بسهولة عبر ليف ضوئي؛ ومع ذلك فإن عرض نطاق الطيف سلعة نفيسة لخدمات الإنترنت اللاسلكية نظراً لأن الطيف الطبيعي محدود (حتى أن معدل 2 ميجابت/ثا صعبة التأمين). لهذا السبب علينا أن نستخدم اللاسلكي لخدمة المعطيات عالية السرعة فقط للتطبيق القابل للحمل (portability) أو التطبيق الترحالي (nomadic). علاوة على ذلك لازلنا نعتد على الليف الضوئي لنقل عرض نطاق كبير. والنتيجة هي شبكة هجينة مختلطة النقل سلكياً ولاسلكياً. يمكن للمقطع اللاسلكي أن يكون آخر ميل أو آخر مائة أو خمسين متراً ويحدد عرض نطاق الطيف بناء على معدلات المعطيات المرغوبة. وكلما ازداد معدل للمعطيات كلما تناقص مدى الوصلة.

## 2.2 لماذا نحتاج حَمَلًا WHY WE NEED A CARRIER

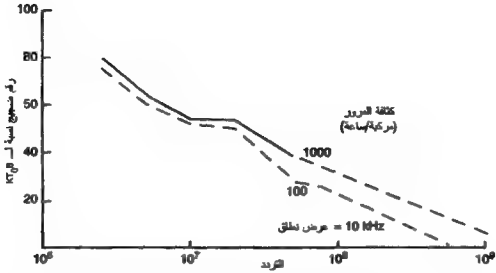
علينا في الاتصالات اللاسلكية أن نرسل الإشارة عبر الهواء، يحتاج الأمر إلى هوائي بطول نصف موجة على الأقل. إذا كانت إشارة المعلومات (كلاماً أو معطيات) في نطاق القاعدة

(نطاق أساسي) (the base band) بتردد منخفض (بالكيلوهرتز أو بالمegahرتز) فإن من الصعب جداً إرسالها عبر الهواء. عند الترددات المنخفضة يكون طول الموجة طويلاً جداً. وهوائي نصف طول الموجة غير عملي كي يمكن إنشاؤه، فمثلاً عند التردد 10 كيلوهرتز يجب أن يكون طول الهوائي (15000) متراً ( $1/2$  طول الموجة)، وهو ما يستحيل تحقيقه. كبديل عن ذلك يتم إرسال المعلومات على تردد أعلى ندعوه بالحامل (أن تُحمل إشارة المعلومات عبر الهواء بهوائي أصغر). يمكن لهوائي محطة القاعدة أن يكون قياسه كبيراً (حتى 50 قدماً). في حالة المحطة المتنقلة فإن على الهوائي أن يكون صغيراً (أقل من 6 إنش). يُنسب قياس الهوائي لطول موجة تردد الحامل. إذا فاق قياس الهوائي نصف طول الموجة، يتولد ربح قدرة يفوق ربح هوائي نصف طول الموجة. في حامل التردد 800 ميغاهرتز يساوي طول الموجة لـ (6) إنشاً. يمكن التعامل مع هذا القياس بسهولة في الجهاز المحمول باليد إلا أننا لا نستطيع أن ندع تردد الحامل يصل إلى قيم عالية جداً بسبب ضياع (loss) الانتشار. وفي النطاق الذي يفوق (10) غيغاهرتز يحدث ضياع إضافي جوي (هطول المطر). عند التردد (20) غيغاهرتز يحدث ضياع قاس آخر ناجم عن امتصاص جسيمات بخار الماء. يحدث ضياع قاس آخر عند التردد (60) غيغاهرتز بسبب امتصاص جزيئات الأكسجين. يجب أن يبقى تردد الحامل أقل من (10) غيغاهرتز في منظومة الراديو المتنقلة كما هو مبين في الشكل (1.2)1/. نُفِّذَت عدة أبحاث في السبعينيات للإثبات بأن الاتصالات المتنقلة ممكنة التنفيذ عند أو أقل من التردد (10) غيغاهرتز.

### 3.2 ما هي ظروف الراديو المتنقل؟/2

تؤثر العوامل التالية على إشارة المحطة المتنقلة (إرسالاً واستقبالاً) بسبب قرب هوائي المحطة المتنقلة من الأرض كثيراً :

1. التبدلات الطبيعية لتركيبية التضاريس.
2. مؤثر بشري (human-made)، يشمل منشآت من صنع الإنسان مثل المدينة، الضواحي، الأبنية العالية الارتفاع والجسور. والضحيج من صنع الإنسان مثل ضحيج اشتعال السيارة والضحيج الصناعي،



الشكل 3.2: ضجيج حركة المركبات الوسطي  $F_a$  كنابع للتردد

إن أرضية الضجيج في مختلف المدن وفي مختلف النطاقات الترددية مختلفة. يمكن لأرضية الضجيج في منطقة مأهولة أن تكون أعلى بمقدار (15) ديسيبل بالمقارنة مع منطقة الضواحي. بصورة عامة تقل أرضية الضجيج مع ازدياد التردد.

إن المصدر الرئيس للضجيج من صنع الإنسان هو ضجيج الاشتغال المركبي (Vehicular) يمكن لمحرك بشمانية اسطوانات و(3000) دورة بالدقيقة توليد (200) شرارة في الثانية. تنشر كل شرارة في المجال الزمني (Time Domain) قدرتها عبر نطاق ترددي عريض في المجال الترددي (frequency domain). هذا من مركبة واحدة فقط. إن أرضية الضجيج من حركة مرور كثيفة لـ (1000) مركبة بالساعة أكبر من (100) مركبة في الساعة/14 كما هو مبين في الشكل (3.2). يوضح هذا سبب كون أرضية الضجيج في المناطق المأهولة أعلى من الضواحي. من ناحية أخرى إن أرضية الضجيج من صنع الإنسان أقل كلما ازداد التردد. فعند التردد 1 غيغاهرتز تفوق أرضية الضجيج من صنع الإنسان أرضية الضجيج الحراري بمقدار 5 ديسيبل في حالة (1000) مركبة، بينما تساوي عند التردد (100) ميغاهرتز لـ (32) ديسيبل في حالة (100) مركبة.



الإشارتان ضياع انتشار  $d^4$ ، يفوق ضياع الانتشار  $d^2$  عبر مسافة ما (ضياع انتشار الفراغ الحر أو برج عالي)

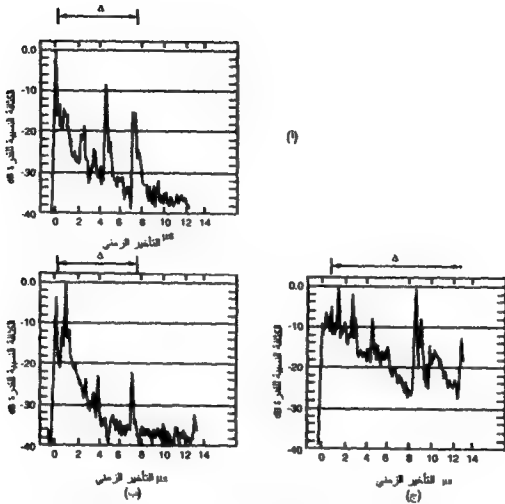
### 2.3.2 بناء من صنع الإنسان HUMAN-MADE STRUCTURE

توضع المحطة المتقلة ضمن منشأة من صنع الإنسان تتسبب في انعكاس الإشارة ذهاباً وإياباً قبل الوصول إليها. تتسبب هذه الأمواج متعددة المسار بظاهرة الخفوت وفقاً لحركة المحطة المتقلة. إنها تقلل قدرة الحامل الوسطية للإشارة المستقبلية. تحط أيضاً من جودة الكلام وأداء المعطيات (data performance)

### 3.3.2 امتداد تأخير الزمن TIME DELAY SPREAD

تتسبب موجات المسار المتعدد بظاهرة الصدى echo phenomenon. تصل هذه الأمواج إلى المحطة المتقلة في أوقات مختلفة تكون عادة محدود (100) ميكروثانية. تدعى ظاهرة الصدى: امتداد تأخير الزمن في الاتصالات الراديوية/3. في حالة إشارة كلامية ثنائية ذات تردد (3000) هرتز فإن دور الإشارة 0.33 ميلي ثانية لهذا فإن ظاهرة صدى تعدد مسار قصير للمسافة short-arrived لن يكون ملحوظاً خلال دور زمني طويل لدورة كلامية (Voice Cycle). يمكن لظاهرة الصدى المعتمدة على تعدد مسار الموجة أن تكون ملحوظة ومتداخلة في حالة معطيات عالية السرعة تفوق (100) كيلوبت/ثا حيث يقابلها مدة بت واحدة تساوي (10) ميكروثانية. نقيس امتداد التأخير الزمني time delay spread /3 باعتباراً من التأخير الزمني لوصول الموجة الأولى إلى وصول آخر موجة منعكسة. إن مسافة الموجة الأولى هي الأقصر كما هو مبين في الشكل رقم (2.2 أ) ولهذا فإنها تتعرض لضياع انتشار أقل ومع ذلك وبسبب امتصاص سطح الانعكاس فإن الموجة الأولى قد لا تكون الأقوى شدة كما هو مبين في الشكل (2.2 ب) والشكل (2.2 ج).

يحدد امتداد التأخير الزمني معدل إرسال المعطيات. فلكي نرسل معطيات عالية السرعة علينا أن نحدد الموجات المنعكسة متعددة المسار باستخدام المساوي (equalizer). يمكن إنقاص امتداد تأخير الزمن بطرق تنوع في معظم الحالات (انظر المقطع 14.7).

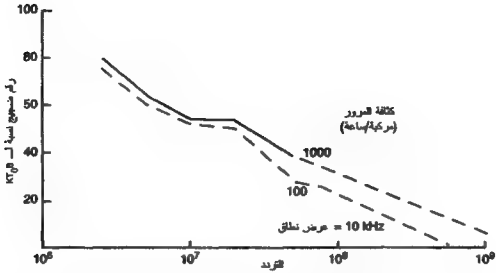


الشكل 2.2: غلاف (envelope) تأخير في مدينة نيويورك (يأخذ من IEEE)

### 4.3.2 الضجيج من صنع الإنسان HUMAN-MADE NOISE

يتولد الضجيج من صنع الإنسان في ظروف المحطة المتقلبة بصورة رئيسية من منابع غير مقصودة (unintentional) مثل شرارة الاشتعال (ignition) والضجيج المشع من خطوط القدرة والتجهيزات الصناعية. صنف الضجيج من صنع الإنسان إلى ثلاث فئات حسب المناطق التالية:

1. مناطق مأهولة urban areas
2. مناطق الضواحي suburban areas
3. المناطق المفتوحة open areas



الشكل 3.2: ضجيج حركة المركبات الوسطي  $F_a$  كنابع للتردد

إن أرضية الضجيج في مختلف المدن وفي مختلف النطاقات الترددية مختلفة. يمكن لأرضية الضجيج في منطقة مأهولة أن تكون أعلى بمقدار (15) ديسيبل بالمقارنة مع منطقة الضواحي. بصورة عامة تقل أرضية الضجيج مع ازدياد التردد.

إن المصدر الرئيس للضجيج من صنع الإنسان هو ضجيج الاشتغال المركبي (Vehicular) يمكن لمحرك بشمانية اسطوانات و(3000) دورة بالدقيقة توليد (200) شرارة في الثانية. تنشر كل شرارة في المجال الزمني (Time Domain) قدرتها عبر نطاق ترددي عريض في المجال الترددي (frequency domain). هذا من مركبة واحدة فقط. إن أرضية الضجيج من حركة مرور كثيفة لـ (1000) مركبة بالساعة أكبر من (100) مركبة في الساعة/14 كما هو مبين في الشكل (3.2). يوضح هذا سبب كون أرضية الضجيج في المناطق المأهولة أعلى من الضواحي. من ناحية أخرى إن أرضية الضجيج من صنع الإنسان أقل كلما ازداد التردد. فعند التردد 1 غيغاهرتز تفوق أرضية الضجيج من صنع الإنسان أرضية الضجيج الحراري بمقدار 5 ديسيبل في حالة (1000) مركبة، بينما تساوي عند التردد (100) ميغاهرتز لـ (32) ديسيبل في حالة (100) مركبة.

## 4.2 نجاح منظومة الجيل الخليوي الأول - The success of the first-generation cellular system

استمر تطوير المنظومة الخليوية على مدى عشرين عاماً تقريباً، من عام 1964 إلى عام 1983. انتقلت إجراءات تصميم المنظومة من البحث إلى المنظومة ثم إلى التبديل (switching) ثم إلى التطوير. إن المنظومة بل في الستينيات شعاراً يقول بأن على جميع تجهيزات منظومات بل أن تعيش أربعين عاماً. يعني ذلك الجودة. لهذا صممت الـ AMPS من أجل إنتاج عالي الجودة. للتأكد من أن الـ AMPS ستكون بجودة عالية أجري اختبار من عام 1974 إلى عام 1977 في شيكاغو في (16) موقع خلية (cell sites) صنعت من قبل AT&T الشركة الكهربائية الغربية وبـ (2000) محطة متنقلة (mobile) صنعت من قبل ثلاثة شركات هي OKI، موتورولا وأي إف جونسون. تم توسيع الاختبار لـ (5000) محطة متنقلة. جاءت معظم التصحيحات والتعديلات والتحسينات للـ AMPS من اختبار شيكاغو/5. كُتبت الموصفة بعد الاختبار. وباعتبار أن الموصفة الجديدة أعدت لإنتاج تجاري لم تستطع الـ (5000) محطة متنقلة تجريبية من العمل في المنظومة التجارية ولهذا غدت بلا فائدة (absolote). كانت كلفة هذا الاختبار عالية جداً. لا يمكن لشركة اليوم أن تدبر مثل هذا الاختبار بمقياس كبير. إن الـ AMPS منظومة عالية الجودة حتى بمعيار اليوم. تقول لنا هذه التجربة إذا كان انتقاء التقنية صحيحاً فيجب أن لا تكون الكلفة مصدر القلق الأول. الجودة هي عنصر مفتاح منظومة منتشرة ناجحة. ما دامت حاجة المشتركين للمنظومة عالية فسوف يقود تقدم التقنية وحجم الإنتاج الكلفة نحو الأدنى. كانت هواتف السيارة في عام 1984 كبيرة وسعرها يفوق (3000) دولاراً. بعد خمسة عشر عاماً أصبحت الأجهزة المحمولة باليد صغيرة وخفيفة وسعرها قريب من (150) دولاراً.

## 5.2 إرسال التشوير (Signaling) ومعطيات معلومات عبر القناة الكلامية التماثلية.

إن للـ AMPS طريقة ذكية في إرسال دفقة معطيات لتشوير التحكم عبر قناة كلامية تماثلية عند الحاجة. ونظراً لأن قدرة كلام الإنسان تقع ضمن النطاق من (300) إلى (3000)

هرتز، نود إيجاد شكل موجة قطار معطيات له طاقة طيفية (spectral energy) خارج النطاق الكلامي. لحسن الحظ هناك ترميز شكل موجة لقطار معطيات (data stream) يدعى ترميز مانشيستر (Manchester) له قدرة طيف (10) كيلوبت/ثانية تكمن عند الـ (8000) هرتز. يمكن الآن وضع مرشح (filter) عند التردد (8000) هرتز. فإذا اكتشفت طاقة إشارة عند التردد (8000) هرتز نعلم بأن دفقة معطيات واصله. عندئذ نستطيع إسكات (mute) القناة الكلامية لمدة (100) ميلي ثانية. لا نحتاج في هذه الحالة لاستخدام قناة تحكم مستقلة من أجل المناولة (hand off). في منظومة الـ AMPS وعندما تتناول قناة كلامية المكاملة من قناة التحكم (Control Channel) فإن جميع وظائف التحكم ستنفذ عبر قناة الصوت. إن ترميز مانشيستر هو ترميز شكل موجة فريد من نوعه وليس ترميزاً لتصحيح الخطأ. يدعى إسكات الصوت لمدة (100) ميلي ثانية بطمس (Blank) ودفقة (Burst). تستخدم وظيفة طمس ودفقة في المنظومة الخالية للفصل بين تشوير التحكم (Control Signaling) عن قطار الكلام الرقمي (the digital voice stream). فوق ذلك عند إرسال معطيات معلومات عبر القناة الكلامية للـ AMPS وأثناء استعادة (recovery) دفق المعطيات، من الواجب تشويه الأخير قبل الإرسال عبر الضغط (Compression) وبالتشديد المسبق (Preemphasis) في منظومة (FM). يمرر دفق المعطيات عند الاستقبال عبر تخفيف (deemphasis) ونشر (expansion) قبل فك الترميز نظراً لأن المنظومة تعالج الكلام والمعطيات بصورة منفصلة فإن إرسال المعطيات يصبح مشكلة دائماً بدون التشويه المسبق (Predistortion). لقد صممت الـ AMPS للكلام فقط.

يعامل قطار بيانات (معطيات) الكلام حتى في منظومة رقمية بصورة مستقلة عن دفق معطيات المعلومات. لهذا السبب يمرر الكلام عبر الفوكودر فيما تتخطاه معطيات المعلومات. تدعى وظيفة جهاز التخطي بوظيفة العمل البينية (IWF: Inter working Function).

## 6.2 الترميز التكراري ليس ترميزاً سيئاً للراديو المتنقل/6

يرسل الترميز التكراري قطاراً من بتات (bits) للمعلومات وبصورة متكررة لتوليد إطناب (redundancy). يمكن لبِت واحدة أن تكرر عدداً قليلاً من المرات. يتم إقرار البِت الصحيحة

بعد الاستقبال باقتراع الأغلبية (majority vote). ندعو هذه العملية بطريقة كشف اقتراع الأغلبية.

إن الترميز التكراري ليس ترميزاً كفواً لإرسال المعطيات ومع ذلك لا يزال مستخدماً نظراً لأن على أي ترميز مطبق لتصحيح الخطأ عبر الإرسال أن يفهم وسط الإرسال. إذا كان مستقراً (stationary)، فإن بنية موجة الخفوت في وسط متعدد المسار (أي أن المحطة المتنقلة تسير بسرعة ثابتة) تكون مستقرة، عندئذ يمكن إيجاد البت الصحيحة اعتماداً على ترميز تصحيح خطأ أمامي مناسب (FEC: Forward Error Correction). إلا أن بنية موجة الخفوت ليست مستقرة إذ سيتبدل تردد موجة الخفوت مع تبدلات سرعة السيارة. عندئذ تؤدي تبدلات طول أخطاء الرشقة (الدقة) في الزمن الحقيقي (real time) إلى إجهاد دور تشابك (Interleaving) قطار المعطيات ومقدرة ترميز الـFEC على التبديل وفقاً لذلك. إن من الصعب إيجاد ترميز قائم للتعامل مع هذه الحالة. لهذا السبب يغنو ترميز الإعادة (التكرار) ترميزاً ملائماً للـAMPS الخليوي.

يطبق عادة إرسال المعطيات عبر وسط سلبي طلب إعادة إشعاري (ARQ: Acknowledge Return Request) بدون استخدام الـFEC. يقسم قطار المعطيات إلى إطارات يحوي كل إطار بتات عديدة. إذا كان في أحد الإطارات أخطاء بعد الكشف (detection) في نهاية الاستقبال يطلب من المرسل إعادة كامل هذا الإطار. يمكن دعوة هذه الطريقة في بعض الأحيان بالإرسال عديم الخطأ (error free) نظراً لأن الوسط السلبي هادئ جداً وبالتالي لا يحدث تكرار إرسال كثير. وعلى النقيض فإن الوسط اللاسلكي ضجيجي جداً. تتضمن معظم الإطارات أخطاء بعد الاستقبال. لا تستخدم طريقة الـARQ، إذ باستخدامها فعلى كل إطار أن يتكرر إرساله عدة مرات أو بلا نهاية. تحت ظروف معينة في الوسط اللاسلكي قد يغنو ما يدعى بالإرسال خالي الخطأ لا إرسالاً. لهذا السبب في وسط متنقل (mobile medium) من الصعب جداً استخدام الـARQ وحيداً. يستخدم ترميز التكرار بسبب التغير غير المتنبأ به لوسط متولد نتيجة السيارة (المركبة) ذات السرعة المتبدلة.

## 7.2 معرفة صعوبات المناولة (The Findings of Handoff Difficulties)

معالجة المناولة في الـ AMPS عملية قاسية (أي "قطع قبل الوصل") (break before make) في هذه الوضعية على المحطة المتنقلة أن تستقبل المعلومات الصحيحة للمناولة إلى الخلية الصحيحة بالقناة الترددية الصحيحة وإلا انقطعت المكالمة. عند البدء بكتابة مواصفة الـ (AMPS) كان لتشوير المناولة نفس نسق (format) الإعادة كحال قناة التحكم (control channel) (أو قناة إقامة الاتصال (set up)). ترسل معطيات المعلومات لقناة التحكم خمس مرات وإقرار البت الصحيحة يتم بإجراء تصويت الأغلبية بين البتات الخمس المستقبلية. في بعض الأحيان بسبب خفوت تعدد المسار قد لا تكون الإعادة خمس مرات كافية، خاصة في بقعة تكون فيها الإشارة ضعيفة. لسوء الحظ تحدث المناولة عادة في مواقع الإشارة الضعيفة. دلت النتائج التحريية الأولى على الحاجة لزيادة تكرار عدد مرات التشوير من خمسة إلى سبعة بسبب معدل الخطأ العالي. كان علينا أن نعيد برمجة المعالج الميكروي الصفري ذي الثمانية بتات لتنفيذ خوارزمية التكرار السباعية. أدركنا من نتيجة التكرار السباعي بأن علينا أن نذهب إلى تكرار التسع مرات. وبعد ذلك ذهبنا إلى تكرار الأحدي عشرة مرة ثم ثلاثة عشرة مرة. أخيراً استخلصنا بأن الرقم أحد عشر كان الرقم الصحيح لمرات التكرار للحصول على معدلات أخطاء محددة. استغرق الأمر تقريباً ستة أشهر لإيجاد الرقم أحد عشر الصحيح للتكرار لأجل المناولة. كنتيجة لهذا الصبر أثبتت الـ AMPS لتكون ممتازة، منظومة مطورة بصورة جيدة قبل انتشارها.

تستخدم مناولة العتاد (Hard Handoff) في المنظومات التماثلية والـ (TDMA). اخترع في عام 1989 الـ (CDMA) للاستخدام الخليوي. الذي يستخدم مناولة برمجيات (أي أوصل قبل أن تقطع (make before break)). رغم أن مناولة البرمجيات في مناطقها تخفض من انقطاع المكالمات فإنها تقلص من السعة مقارنة مع سعة المناطق النسي لا تحتاج لمناولة. إن الـ (CDMA) منظومة عالية السعة عموماً. ستذكر في الفصل السادس. المنظومات الثلاثة سابقة الذكر التماثلية والـ TDMA والـ CDMA جميعها منظومات مزوجة تقسيم التردد (FDD: Frequency Division Duplexing) تستخدم الـ FDD زوجاً من نطاق التردد، واحداً للإرسال وآخر للاستقبال. يستخدم في منظومة مزوجة تقسيم الزمن

(TDD: Time Division Duplexing) نطاق طيف غير مزدوج (unpaired). إن وظيفة المناولة بهذه المنظومة مختلفة وتدعى بمناولة العصا (a baton handoff). إذ تنتقل المكالمة في منطقة للمناولة بصورة مستمرة إلى موقع الخلية ذات الإشارة الأقوى. إن تحسين معدل انقطاع المكالمة سيكون مختلفاً هندسياً.

## 8.2 المصطلحات الفنية الخلوية في شمال أمريكا

### 1.8.2 لماذا سميت وصلة أمامية (FL: Forward Link) وليس وصلة نازلة (DOWNLINK)

يستخدم تعبير وصلة صاعدة (UpLink) ووصلة نازلة (DownLink) في اتصالات السواتل فالوصلة من الساتل إلى الأرض هي الوصلة النازلة، والوصلة من الأرض إلى الساتل هي الوصلة الصاعدة. إن موقع الساتل أعلى دائماً من محطة القاعدة الأرضية. وبالتالي فإن تعبير وصلة صاعدة ونازلة لا يسبب أي التباس.

في منظومة خلوية قد يسبب تعبير وصلة صاعدة ونازلة التباساً. تعني الوصلة الصاعدة من محطة القاعدة إلى المتنقلة وفي بعض الأحيان تعني من المتنقلة إلى المحطة القاعدة، كما هو مبين في الشكل رقم (4.2). إضف إلى أنه يمكن لطائرة أن تكون محطة متنقلة تماماً مثل الساتل وفي هذه الحالة الوصلة الصاعدة هي من المحطة القاعدة إلى الطائرة. غدت الوصلة الصاعدة والنازلة مربكة جداً في الاتصالات الأرضية والاتصالات من الجو إلى الأرض. لهذا أسقط علماء بل تعبير وصلة صاعدة ووصلة نازلة واستخدموا بدلاً عن ذلك وصلة أمامية ووصلة عكسية في منظومة أمريكا الشمالية:

الوصلة الأمامية (FL: Forward Link) من المحطة القاعدة إلى المتنقلة

الوصلة العكسية (RL: Reverse Link) من المتنقلة إلى القاعدة

في منظومة الـ GSM:

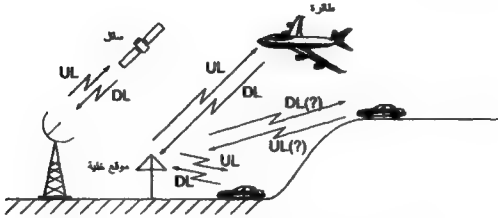
الوصلة الصاعدة (UL: UpLink) هي من المتنقلة إلى القاعدة (تكافئ الوصلة العكسية)

الوصلة النازلة (DL: DownLink) هي من القاعدة إلى المتنقلة (تكافئ الوصلة الأمامية).

في منظومة السواتل:



الوصلة الصاعدة (UL) هي من الأرض (قاعدة) إلى سائل (متنقلة) (تكافئ وصلة أمامية) الوصلة النازلة (DL) هي من السائل (متنقلة) إلى الأرض (قاعدة) (تكافئ وصلة عكسية) كما هو مبين أعلاه إن لتعبيري وصلة أمامية ووصلة عكسية التباساً أقل من تعبيري وصلة صاعدة ووصلة نازلة.



الشكل 4.2: الاستخدام المختلف للوصلة الصاعدة (UL) والوصلة النازلة (DL)

## 2.8.2 لماذا موقع خلية وليس محطة قاعدة WHY CELL SITE, NOT BASE STATION

### STATION

صيفت عبارة موقع خلية من قبل (Frank Belcher) من غاير بل، محطات القاعدة التقليدية التي ركبت عام 1975 قد احتوت على مرسلات/مستقبلات Transceivers فقط، بينما تضمنت وظيفة محطة القاعدة الخلية أكثر من كونها محطة قاعدة فقط بوجود متحكم Controller مضاف إليها. إن بإمكان محطة قاعدة خلية مسح شدة إشارة الأتية الكلامية وإعطاء تقرير عنها إلى مكتب التبديل (switching office)، كما أنها تتحكم بقدرة مخرج المحطات المتنقلة وتدير عمليات المناولة (hand off). ولتمييز محطة القاعدة الخلية عن محطة القاعدة القائمة في ذلك الوقت استخدم تعبيري موقع خلية في منظومة الـ AMPS.

### 3.8.2 لماذا المناولة\* (رفع يد) HANDOFF وليس (تسليم يد) HAND OVER

عندما اخترعت ميزة المناولة (أنظر المقطع 7.2) في الـ AMPS استخدم تعبير المناولة (رفع اليد hand off) نظراً لاستخدامه في كرة القدم "لا لمس لكرة القدم". يعني تسليم اليد (hand over) "تسليم تحكم الـ" أو "تنازل عن تحكم الـ" "to surrender control of" لهذا تشير عبارة hand off إلى الملكية نفسها بينما تشير الـ hand over للتحكم بالملكية، لا بأس بكليهما. نظراً لأن عبارة handoff كانت في ذلك الحين مستخدمة بالـ AMPS فلم يكن هناك التباس لدى المهندسين الجدد في الولايات المتحدة. في أوروبا لم يعلموا من أين أتى التعبير "hand off" ولشعورهم بأنها عبارة غير ملائمة بدلوه إلى hand over.

### 9.2 الخفوت الانتقالي وحالات عدم الخفوت/2

تولد إشارة خفوت تعدد المسار في ظروف الراديو المتنقل من تعدد الانعكاس الناتج عن الأبنية. يولد كل تردد إشارة خفوت لكن الترددات المختلفة تولد إشارات خفوت مختلفة في المجال الزمني (time domain). تدعى هذه الإشارات بإشارات خفوت انتقائية (selective fading signals). تلاحظ إشارة خفوت تعدد المسار فقط أثناء حركة المحطة المتنقلة. تلاحظ إشارة لا خفوت إذا كانت المحطة المتنقلة متوقفة عن الحركة في ظروف انعكاس متعدد المسار. يعتمد مستوى شدة الإشارة في هذه الحالة على موقع المحطة المتنقلة. يمكن لها أن تكون إشارة قوية أو إشارة ضعيفة أو أنها تحت تأثير الخفوت (under fade). يمكن لمختلف الترددات أن يكون لها مستويات شدة إشارة مختلفة في نفس الموقع. لهذا السبب عندما تكون المحطة المتنقلة متوقفة عن الحركة دون اعتبار إذا كان الموقع مشيداً أو لا، لا تلاحظ إشارة خفوت. أيضاً تلاحظ إشارة لا خفوت إذا كانت المحطة المتنقلة تسير في منطقة غير مشيدة.

تستخدم حالياً جميع الأنظمة الخليوية الـ FDD (Frequency Division Duplexing)

---

\*. ملاحظة للمترجم: العرض هنا للاختلاف بين تعبيرين باللغة الانكليزية. إلا أن التعبير الذي استأخذه للمترجم بالعربية يلازم معنى كلاماً فيمكن للمناولة أن تتم بدون لمس اليد (بالقدم) كما يمكن للمناولة أن تعني تسليم التحكم من خلية لأخرى.

وترددات أفنية الإرسال، وأفنية الاستقبال مختلفة عن بعضها البعض. لهذا تستخدم أربعة ترددات لإقامة اتصال سيستخدم اثنان من الترددات لأفنية التحكم واثنان لأفنية الكلام. تعمل المنظومة عندما تكون المركبة متحركة اعتماداً على الشدة الوسطية لأربع إشارات من خلال إشارات خفوت كل منها. إن الترددات الأربع هي إشارات خفوت انتقالية مما يعني بأن الخفوت لا يحصل في نفس الوقت (أو نفس الموقع) لمختلف الترددات كما هو مبين في الشكل رقم (5.2). عند أخذ متوسط شدة الإشارة خلال مدة معينة فإن يقع الخفوت الحقيقية غير متأثرة (not affected). هناك علاقة ثابتة بين سويات شدة وسطية لأربع إشارات. مع ذلك تغلب الأفنية الأربعة إشارات عديمة الخفوت عند توقف المركبة. يجب على سوية شدة إشارة كل قناة أن تتحدد بموقع المركبة ويدعى هذا بظاهرة الخفوت الانتقائي. لا توجد علاقة ثابتة بين سويات إشارة عديمة الخفوت في أي موقع ثابت بعد ذلك. لذلك على مصمم المنظومة الخليوية أن يأخذ بالاعتبار حالات الحركة والتوقف. يمكن في حالة الحركة لسوية شدة الإشارة الوسطي لأي قناة ترددية أن يمثل تغطية الإشارة في كامل المنطقة. يمكن لسوية شدة الإشارة الوسطي لأي قناة ترددية في حالة التوقف أن يمثل نفسه فقط (ليس الأفنية الثلاثة الأخرى) في الموقع حيث توضع العربة. لإجراء مكالمة فإن على جميع إشارات التردد الأربع أن تكون فوق سوية S عند المواقع D1 في الشكل (5.2)

## 10.2 نجاح منظومة البدالة الإلكترونية (ESS (Electronic Switching System والتطبيق لأجل البدالة المتنقلة (Mobile Switch)

طُورت في عام 1950 البدالة (المقسم) رقم 5 ذات القضبان المتقاطعة (cross bar). كانت بدالة ميكانيكية وكان أداؤها جيداً جداً. بدأت منظومة التبديل الإلكترونية ESS (Elecetronic Switching System) حتى قبل أن تنتشر البدالة متقاطعة القضبان رقم 5 بصورة كاملة إلى مكاتب التبديل المحلية (local switching office).

قاد Raymond Ketchledge في غابور بل طاقماً لتطوير الـ (ESS). اعتقد بأن بدالة المستقبل ستكون بدالة برمجيات (software) وليس بدالة عتاد (hardware). إن المزايا المضافة على الـ ESS ستكون سهلة جداً. وإن تصميم حاسب لغرض خاص لأجل شبكة اتصالات



كان تعلم إدارة برنامج برمجيات (software program) والتحكم (control) بأي من الـ ESS صعباً خلال مرحلة التطوير. حصلت إخفاقات كثيرة. مثال واحد كان بدالة المنظومة (12) لـ (ITT). كانت بدالة ESS مطوّرة من قبل شركة إنتاج بل في بلجيكا. أرادت ITT تحويل بروتوكولات معيار وظيفتها من أوروبية إلى أمريكية وبيعها لمشغلي اتصالات كبار في الولايات المتحدة. كانت سعة ومزايا المنظومة (12) كما قلّمت مؤثرة جداً. عدة شركات بما فيها AT&T قلّمت الطلييات. لكن التحول من معيار إلى آخر كان محفوفاً بالمشاكل. استغرقت الـ ITT ثلاث سنوات وأكثر من ملياري دولار على هذه المسألة في أوائل الثمانينيات قبل التحلي النهائي (giving up).

## 11.2 الانتشار ضمن الأبنية هل هو ثلاثي الأبعاد؟

إن انتشار الإشارة ثنائي الأبعاد (2D) للمركبات المتنقلة (أي استقبال الإشارة على الأرض). عند استقبال الإشارة على طوابق مختلفة في الأبنية، تبدل طبيعة استقبال الإشارة. أولاً تخترق الإشارة الجدران مسببةً مقداراً كبيراً من الخسارة تقريباً (15) إلى (28) ديسيبل اعتماداً على طبيعة بنية البناء، كما هو موضح في الشكل (6.2). لا تحدث في شيكاغو زلازل والأبنية مشيدة باستخدام أطر رئيسية (main frames). إن خسارة اختراق الأبنية في شيكاغو تساوي (15) ديسيبل. في اليابان يتطلب كود بناء الزلازل أبنية تُشيد باستخدام إطارات شبكية (a mesh frame). إن خسارة اختراق الإشارة عبر الأبنية اليابانية عالٍ فهو حوالي (28) ديسيبل.

هناك ظاهرة أخرى في أن الإشارة أقوى عندما يكون الطابق أعلى فوق الأرض. يخلق هذا مسألة رئيسية. فعندما يكون للمستخدم في الطابق الأول تكون الإشارة أضعف بكثير مما لو كان بالخارج. أما في الطابق السادس أو التاسع فإن الإشارة أقوى وهي تقريباً نفس الإشارة المستقبلية عند مستوى الأرض بالخارج. عند استخدام الهاتف الخليوي في الطابق العشرين أو الأعلى يزداد نصف قطر الخلية R وبذلك تنتهك قاعدة المنظومة الخلوية المطلوبة D/R (انظر الفصل الأول). تستطيع الهواتف المتنقلة في القناة المشاركة بالتردد المجاور (adjacent cochannel) التداخل مع هاتف يدوي في الخلية المستهدفة (target). لهذا

استخدمت عدة تقنيات جديدة للتغلب على هذه المشكلة. إحداها تخصيص عشرة أفتية طيف خلوية أو أكثر للاستخدام ضمن الأفتية. يمكن تكرار استخدام هذه الأفتية نفسها في كل طابق لوجود عزل قدره (20) ديسيبل للإشارة بين الطوابق كما هو مبين في الشكل رقم (6.2). يمكن لعشرة أفتية أن تولد مائة قناة كلامية لبناء مكون من عشرة طوابق. علاوة على ذلك يمكن لعزل الإشارة بين الأفتية أن يكون (40) ديسيبل أو أكثر. كما يمكن استخدام الأفتية العشرة في أفتية أخرى. سيكون إعادة استخدام التردد مائة أو ألف مرة. إنها مقارنة مردود طيف ممتازة. ويمكن استخدام معظم المواتف المحمولة باليد نفسها خارج الأفتية وضمن الأفتية/18.

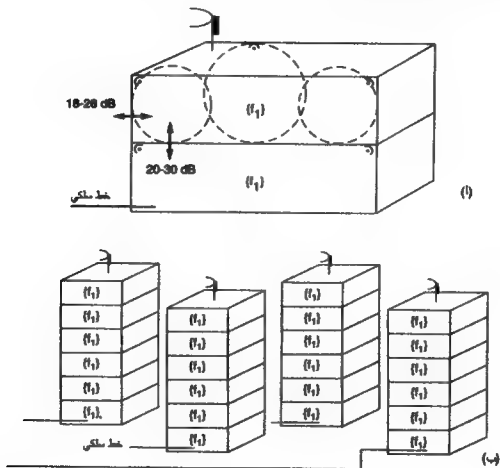
## 12.2 أداء نسخة NTT للـ AMPS

أخذت NTT عام 1978 مواصفات AMPS وعدلتها. تم تبديل عرض نطاق القناة من (30) كيلهرتز إلى (25) كيلهرتز لتناسب الشبكة القائمة في ذلك الوقت. لم يتبدل السعة بإنقاص عرض النطاق كما هو مبين في المقطع (4.3). تغطي القناة المعرض مدى مسافة أكبر لنفس القدرة (30 مقابل 25). إن اختيار النطاق المعرض هو الاختيار الصحيح في الولايات المتحدة بسبب مدى الأرض الواسعة المطلوب تغطيتها.

نشرت NTT المنظومة الخلوية في عام 1979 ولم تنفذ طرق تنوع (diversity schemes) في محطات القاعدة. بينت منظومة (AMPS) بأن التنوع كان ضرورياً لتقليل خفوت الإشارة في إشارات المحطة المتنقلة الراديوية في ذلك الوقت. لم يكن زبائن NTT مسرورين في ذلك الوقت من جودة الخدمة. في عام 1984 استخدمت المنظومات الخلوية في الولايات المتحدة طريقة التنوع وأثبتت تفوق إشارتها (signal superiority). نفذت في عام 1989 منظومة خلوية جديدة عالية السعة لـ NTT طريقة التنوع في محطة القاعدة وفي المحطة المتنقلة (الأجهزة المحمولة باليد). وغداً استخدم طريقة التنوع في المنظومات الخلوية مطلباً.

تستخدم AMPS سرعة تشوير لقناة التحكم قدرها 10 كيلوبت/ثانية. كانت NTT تستخدم تردداً متعدد النغمات (MTF: Multi Tone Frequency) عند (300) بت/ثانية عام 1979. إلا أن الـ MTF عند (300) بت/ثانية لم تكن مناسبة للاتصالات المتنقلة. يدعى

ضحيح المستقبل الإضافي المتولد عندما تتحرك المركبة بضحيح FM العشوائي. وهو حول (200) هرتز عندما تكون حركة المركبة ذات سرعة عالية. هذا المعدل المنخفض من التشوير يمكن أن يتداخل مع ضحيح الـ FM العشوائي. لهذا السبب لا يمكن استخدام معدل تشوير منخفض لإقامة الاتصال أثناء السرعة العالية للمركبة. لم تكن جودة منظومة الـ NTT المبكرة عام 1979 مقنعة للزبائن بسبب النقص في تقنيات جديدة عديدة.



الشكل 6.2: مبدأ الاتصالات في الأبنية

على العكس انتشرت الـ AMPS عام 1983 بتقنيات جديدة عديدة وكانت الجودة جيدة جداً. كان الزبائن قادرين على استخدامها في تجارهم مما برر فوائدهم. بدأت أسواق الهاتف الخليوي بالإقلاع. ورغم أن اليابانيين كانوا أول من نشر المنظومة الخليوية فإن السوق قلل بالحقيقة بعد انتشار المنظومات في الولايات المتحدة والأجزاء الأخرى من شمال أمريكا.

### 13.2 قيمة أداة تنبؤ شدة الإشارة

تم تطوير تنبؤ شدة الإشارة المبكر من أجل الانتشار نقطة إلى نقطة من قبل R. Young، K. Bullington، وغيرهما. بعد أن نشر Y. Okumura ورقته عام 1969، بدأ المهندسون بالإدراك بأن شدة الإشارات المستقبلية في المناطق المأهولة مختلفة عن تلك في الضواحي بسبب اختلاف تأثير المنشآت من صنع الإنسان. استحدث W.C.Y Lee نموذج تنبؤ لتصميم منظومة خلوية من أجل تغطية جيدة ومناولة ناجحة اعتماداً على معلومات تركيبة التضاريس/8/. طورت أداة تنبؤ في مختبر بل دعت بتقدير تغطية منطقة (ACE: Area Coverage Estimation) طورت اعتماداً على نموذج لي (Lee). عدّل برنامج الـ ACE فيما بعد وسمي من جديد بمنظومة تصميم متنقلة متقدمة (ADMS: Advanced Mobile Design System) ساعدت هذه الأداة جميع شركات بل الإقليمية (RBOCs: Regional Bell Operating Companies) في نشر منظوماتهم الخلوية بين عامي 1983 و1985. كان قياس أول خلية ثمانية أميال كنصف قطر. لم يكن اختيار الموقع المناسب سهلاً. إن تخطيط منظومة منتشرة بدون الـ ACE للحصول على معطيات قياس قد يكون مضيق للوقت. وإن التحليل من معطيات التنبؤ باستخدام الأداة ممكن لتحديد مواقع الخلايا. كانت كلفة زمن تأخير استخدام طريقة القياس كبيرة إلى حد دعا إلى تبني أداة التنبؤ. إن أداة تنبؤ الخلية الميكروية مهم جداً. وإن نشر الخلايا الميكروية في مواقع مناسبة أمر حاسم للكلفة وأمور التداخل. ولقد نُشرت عدة أدوات تنبؤ لخلايا ميكروية.

قد لا تكون أداة التنبؤ لدخل المباني مفيدة، نظراً لاختلاف بنية الأبنية عن بعضها. إذ إن لكل طابق توزيع مختلف. على كل أداة تنبؤ أن ترقم (digitize) مساحة الطابق وتدخل مواد البناء ومن ثم رسم خريطة التغطية للتنبؤ بها لكل طابق. {يعتمد تنبؤ شدة الإشارة على إحصائيات، وللتنبؤ الميكروي (ضمن الأبنية) قاعدة معطيات (data base) صغيرة لتشكيل طبيعة إحصائية. وغالباً ما تكون التغطية للتنبؤ بها لكل طابق بعيدة كلياً عن المعطيات المقاسة. من الأفضل فقط إجراء دورة (run) قياس لكل طابق وسوف تتوضح تغطية كل طابق}.



يمكن تصحيح أو تبديل مجسات الهوائي ضمن الأبنية بسهولة. يمكن تخزين قاعدة المعطيات من أجل استخدام مستقبلي. لهذا لا حاجة تجارية بالحقيقة لأداة تنبؤ ضمن الأبنية. ما يلزم عوضاً عن ذلك هو عربة قياس يمكن تحريكها هنا وهناك مع وسيلة رسم للتغطية. الاهتمام الأكاديمي والتجاري مختلف غالباً. إن أداة التنبؤ لدخول الأبنية اهتمام أكاديمي علاوة على الاهتمام التجاري. مع ذلك فقد طورت أداة تنبؤ بسيطة لدخول الأبنية لأغراض التقييم<sup>19/</sup> (estimation purposes).

## 14.2 تدخل القناة المتشاركة بالتردد قتل

نحن نعلم بأن لكل دواء تأثير جانبي. ولا فرق في ذلك في منظومة خلوية. نحن نحاول إعادة استخدام نفس التردد في مواقع مختلفة لزيادة مردود الطيف. رغمًا عن ذلك إن التداخل المتسبب من عدة ترددات أجنبية متشاركة مسألة كبيرة نظراً لأن التضاريس ليست منبسطة دوماً وقيم النسب لـ ( $D/R$ ) المطلوبة ليست جيدة بما فيه الكفاية. عندما يكون قياس الخلية كبيراً مثل خلية بنصف قطر قدره (8) ميل فإن قاعدة ( $D/R$ ) أسهل كثيراً في التطبيق. عندما تصبح الخلية صغيرة، لا يمكن اختيار موقع الخلية بصورة مناسبة بسبب الوضعية الفعلية (actual situation). يبدأ تدخل القناة المتشاركة بالظهور في المنظومة. إن تقسيم الخلية (cell splitting) تقنية مثالية لزيادة السعة، لكن وبسبب تنامي تدخل القناة المتشاركة بقوة لا يمكن التقيد بزيادة السعة بنسبة واحد إلى أربعة بتقسيم الخلية إلى أربعة أقسام صغيرة. يمكن زيادة النسبة ( $D/R$ ) لتقليل تدخل القناة المتشاركة أكثر إلا أن ( $D/R$ ) الأكبر يعني سعة القناة الأقل لهذا نحاول الحفاظ على نسبة ( $D/R$ ) صغيرة باستخدام تقنيات أخرى مثل تقنية القطاعات (sectorization) وإمالة الهوائي للأسفل وإدارة ترددية للخلية الميكروية والهوائيات الذكية سعياً لتخفيف تدخل القناة المتشاركة.

إن العنصر الرئيسي (key element) في المنظومة الخلوية هو تخفيض تدخل القناة المتشاركة والجاورة (adjacent). من المفيد استخدام هوائيات موجهة وإمالة الهوائيات نحو الأسفل، وتخفيض قدرة الإرسال، وتضييق نطاق مرشحات الحافة (skirt filters) وهكذا، في طرف الإرسال. قد يكون حلماً لنا وضعية مثالية ما لتقليل التدخل بحيث تتصل المحطة

القاعدة مع المحطة المتنقلة بخط غير مرئي كما هو مبين في الشكل رقم (7.2). لقد أدرجنا جميعاً بأن لا وجود للتداخل في الإرسال السلبي بين هاتين. لهذا دعنا دعماً نعمل باتجاه هذه الوضعية المثالية باستخدام أفكار ووسائل جديدة.

## 15.2 تغطية (39) مقابل (32) ديسيبيل ميكرو

استخدمت الـ FCC شدة إشارة مستقبلية محددة لحد (boundary) التغطية والتي كانت (39) ديسيبيل ميكرو (الديسبيل هو  $\mu\text{V/m}$ ) حتى عام 1989. دعت في كتاب "منظومات اتصالات متنقلة" /10/ لـ (W.C.Y Lee)، بالمقطع (6.6.7): "بمقد (39) ديسيبيل ميكرو وحد (31) ديسيبيل ميكرو". يؤكد لي في هذا المقطع بأن حد الخلية أو المناولة معتمد بالحقيقة على الجودة الكلامية أي نسبة الحامل إلى الضجيج C/N وتساوي (18) ديسيبيل أي بمستوى يفوق ضجيج المحيط الـ (-118 dBm) أي تساوي (-100dBm). هناك تحويل للـ dBm إلى الـ dB (ديسبيل بالميكروفولت/متر) منسبي على توافق (matching) هوائي أحادي القطب monopole مع حمل (50) أوم عند التردد (850) ميغاهرتز\*.

إن مستوى الـ (-100 dBm) هو (32) ديسيبيل ميكرو لذلك فإن حد خلية الـ (FCC) بـ (39) ديسيبيل ميكرو أو (-97dBm) هو (7) ديسيبيل أعلى من المستوى الذي توفره المنظومة. لهذا أثبت حد خلية بـ (32) ديسيبيل ميكرو أو (-100dBm) في كونه كافياً لتغطية خلية. وضعت الـ (FCC) عام 1992 قاعدة بأن التبدل في حد الخلية هو من (39) ديسيبيل ميكرو إلى (32) ديسيبيل ميكرو. إن مزيتنا استخدام كوتور الـ (32) ديسيبيل /10/ انظر الشكل رقم (8.2) هما أولاً: الحاجة لعدد أقل من مواقع الخلايا لتغطية منطقة في طور النمو (a growth area) كما هو مبين في الشكل رقم (8.2) وثانياً: أقل تأثيراً بالتداخل عند الحد كما هو مبين

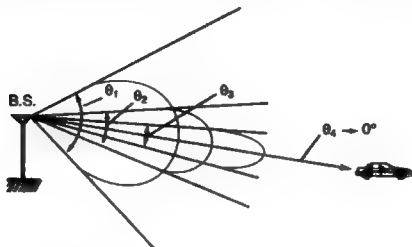
\* الترحم:

$$\text{الـ dBm} = 10 \log_{10} \frac{mw(p)}{1mw}$$

$$\text{الـ dB}\mu = 20 \log_{10} \frac{\mu\text{V/m}}{1\mu\text{V/m}} \text{ والتحويل بينهما توافق هوائي مع 50 أوم لا اتجاهي عند التردد}$$

850 ميغاهرتز.

في الشكل (8-2 ب). إن حد (32) ديسيل لمنطقة إحصائية سكانية (MSA: Metropolitan Statistical Area) أو منطقة خدمة ريفية (RSA: Rural Service Area) هو تشغيل مناسب في مقابل حد قدرة (39) ديسيل ميكرو الذي هو قيمة اصطناعية (artificial value).

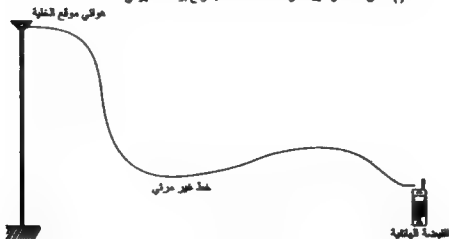


عرض حزمة الهوائي  $\theta$

$$\theta_1 > \theta_2 > \theta_3 > \theta_4$$

$$\theta_4 \rightarrow 0$$

(أ) ألسن حزمة الهوائي للحد من المنطقة المغطاة بفراغ بواسطة الهوائي

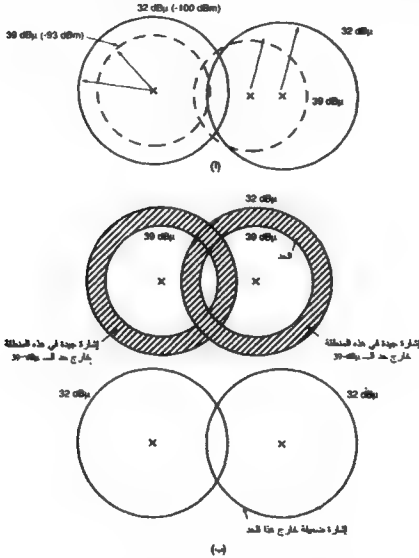


(ب) وضعية مثالية لاتصال لاسلكي

الشكل 7.2: فكرة نظرية لتقليل التداخل

## 16.2 مزايا طرق التنوع

لقد وجدنا بأن طرق التنوع في ظروف التنقل وليس استخدام الهوائيات الموجهة/11/ (أنظر المقطع 1.9.5) هي القادرة على تقليل خفوت تعدد المسار بكفاءة. هناك عدة طرق للتنوع: تنوع فراغي (space diversity)/12/ باستخدام هوائيات مفصولة عن بعضها البعض،



الشكل 8.2: الميزة الرئيسية لكونتور 32 ديسيبل ميكرو

تنوع عناصر (أو كثافة قدرة) حقل باستخدام مركبتي (E) و (H)/13-15/، تنوع استقطاب باستخدام موجات عمودية وأفقية الاستقطاب/16/، تنوع مساري path diversity/17/

وهكذا. إن ربح التنوع ليس ربحاً حقيقياً، تماماً مثل ربح الترميز ليس ربحاً حقيقياً وربح المعالجة في الطيف للنشور ليس ربحاً حقيقياً. إذا كان المحيط حالياً من الخفوت والتداخل فإن جميع الأرباح المذكورة أعلاه لا تتأثر بالإشارة. الأرباح الحقيقية هي ربح الهوائي وربح المضخم وهكذا، مع ذلك يساعد ربح التنوع في تقليل متطلبات قدرة الإرسال لنفس التغطية، وفي تقليل معدل خطأ البقعة للتشوير وإرسال المعطيات وفي تقليل مدى التأخر الزمني لمعطيات عالية السرعة. يستخدم التنوع بصورة عامة في نهايتي الاستقبال عند المحطة القاعدة والمتنقلة (أو الأجهزة المحمولة باليد). يعود السبب في ذلك إلى أن تنوع الاستقبال لا يولد أي ضجيج إضافي للمستخدمين الآخرين لكنه يعزز أداء استقباله. اقترح حديثاً تنوعاً للإرسال: إرسال إشارة بمركبتين متعامدتين على هوائيين إرسال (انظر الشكل رقم 15.7). يسهل تنوع الإرسال في محطة القاعدة للجهاز المحمول باليد، لكن سيئته في أن تنوع الإرسال يقسم قدرة الخرج بين منظومة هوائيين مما يولد تنزيلاً للقدرة بمقدار 3 ديسيبل في قدرة الإرسال وبالمقارنة مع تنوع الاستقبال لا يوجد تنزيل (degradation). لتنوع الإرسال والاستقطاب نفس المسألة إذ يحتاج تنوع الاستقطاب لإرسال موجتين باستقطاب مختلف من هوائيين. لقد كان تنزيل استطاعة الإرسال بمقدار 3 ديسيبل السبب في استبعاد تباعد الاستقطاب عام 1974.

## 17.2 مراجع REFERENCES

1. CCIR Report 719-1 Attenuation by Atmospheric Gases, CCIR XV Plenary Assembly, Geneva 1982, Vol. V.
2. W. C. Y. Lee, *Mobile Communication Design Fundamentals*, 2d ed., New York: John Wiley, 1993. Pp.345-349.
3. D. C. Cox and R. P. Leck, "Distribution of Multipath Delay Spread and Average Excess Delay for 910 MHz Urban Mobile Radio Paths," *IEEE Trans. Antenna Prop.* Vol 23, March 1995, pp. 206-213.
4. A. D. Spaulding, "The Determination of Received Noise Levels from Vehicular Traffic Stations," *IEEE Nat. Telecomm. Conf. Record.* 19D-1-7, December 1972.
5. Bell Labs, "High-Capacity Mobile Telecommunications System Developmental System Reports" No. 1-No. 8 published every 3 months from March 1977 to March 1979, submitted to FCC.

6. W. C. Y. Lee, "The Advantages of Using Repetition Code in Mobile Radio Communications," 1986 IEEE Vehicular Technology Conference, May 22, 1986, Dallas, Texas.
7. W. C. Y. Lee, *Mobile Cellular communications, Analog and Digital Systems*, 2d ed., New York: McGraw-Hill, 1995, pp. 594-598.
8. C. S. Phelan, Bell Lab Patent Attorney's letter, "A New Mobile Radio Propagation Model Case 39445-7," dated March 30, 1979. (See also Exhibit 1.B)
9. W. C. Y. Lee and David J. Y. Lee, "Computer-Implemented Inbuilding Prediction Modeling for Cellular Telephone Systems," U.S. Patent Office has granted a patent.
10. W. C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunication Systems*, New York: McGraw-Hill, 1989, pp. 229-231.
11. W. C. Y. Lee, "Preliminary Investigation of Mobile Radio Signal Fading Using Directional Antennas on the Mobile Unit," *IEEE Trans. Veh. Comm.*, vol. 15, no. 2, October 1966, pp. 8-15.
12. W. C. Y. Lee, "Antenna Spacing Requirement for a Mobile Radio Base-Station Diversity," *Bell System Technical Journal*, vol. 50, July-August 1971, pp. 1859-1874.
13. E. N. Gilbert, "Energy Reception for Mobile Radio," *Bell System Technical Journal*, vol. 44, October 1965, pp. 1779-1803.
14. W. C. Y. Lee, "Statistical Analysis of the Level Crossing and Duration of Fades of the Signal from an Energy Density Mobile Radio Antenna," *Bell System Technical Journal*, vol. 46, February 1967, pp. 416-440.
15. W. C. Y. Lee, "An Energy Density Antenna Model for Independent Measurement of the Electric and Magnetic Fields," *Bell System Technical Journal*, vol. 46, September 1967, pp. 1587-1599.
16. W. C. Y. Lee and Y. S. Yeh, "Polarization Diversity System for Mobile Radio," *IEEE Trans. Comm.*, vol. 20, no. 5, October 1972, pp. 912-923.
17. A. Salmasi and K. S. Gilhousen, "On the System Design Aspects of Code Division Multiple Access Applied to Digital Cellular and Personal Communications Networks," IEEE VTC '91 Conference Record, St. Louis, May 19-22, 1991, pp. 57-62.
18. W. C. Y. Lee, "Inbuilding Telephone Communication System," U.S. Patent Office, No. 5,439,631, Sept. 20, 1994.

## كيفية تقييم طيف — منظومة كفاءة

- 1.3 مسألة الطلب والسعة
- 2.3 كيفية حساب السعة الراديوية لمنظومات خلوية ثنائية
- 3.3 لماذا اختبرت في السبعينات منظومة FM وليس AM أو رقمية؟
- 4.3 لماذا لا توفر الأقنية ضيقة النطاق (حزمة وحيدة الجانب) سعة عالية؟
- 5.3 كيفية حساب السعة الراديوية للخلوي الرقمي
- 6.3 متطلبات منظومة رقمية من ARTS: Advanced Radio Technology Subcommittee
- 7.3 لماذا اختبرت منظومة السعة TDMA للمنظومة الرقمية؟
- 8.3 تقييم منظومة كفاءة الطيف للـ (WLL)
- 9.3 تقييم منظومة كفاءة الطيف لأجل منظومة ساتلية متحركة (MSS)
- 10.3 الخلية الميكروية الذكية ومفاهيم تبديل Beam Switching حزمة الهوائى
- 11.3 عدة طرق تعديل من أجل مواضيع السعة
- 12.3 الفوكودرات (Vocoders) (الرمزات الصوتية)
- 13.3 منظومة معدل معطيات عالي (HDR: High Data Rate)
- 14.3 وضوح، تغطية، سعة ونسبة (قدرة حامل/قدرة تدخّل) (C/Is)
- 15.3 مراجع

### 1.3 مسألة الطلب والسعة

في هذا المجال المتنامي بسرعة تُحسنُ صناعة اتصالات الراديو أداء المنظومة بتقديم تقانات جديدة باستمرار، وبهذا يستفيد المستخدمون من الأداء ولكنهم غير مهتمين بالتقانة، ومهم فقط في مزايا الخدمة ومقاييس الطرفية والثمن. يجب أن تكون جودة الكلام و أداء المنظومة مقبولة لهم.

تناسب جودة الكلام وأداء المنظومة عكساً مع مطلب الخدمة وسعة المنظومة، خاصة في خدمات اتصالات عريضة النطاق. مطلب خدمة أعلى هنا قد تعني توازناً بجودة منظومة أقل.

يستعب المستخدمون النهائيون (end users) سريعاً من سوء الجودة أو أداء المنظومة في منظومات لاسلكية متقدمة إذا كان تنسيق الطيف غير كفوء من قبل الـ FCC. إلى جانب ذلك إن لسياسة FCC في تنسيق الطيف والمشاركة فيه تأثيراً كبيراً على الطلب وسعة الأسواق.

لقد غدت براءة تنسيق منظومة ما للـ FCC أقل تقييداً. إذ أن لرابحي مزاد البراءة مرونة كبيرة في استخدام طيفها. بإمكانهم حتى بيع جزء من الطيف المُملَك لهم. إن تأثير مسألة التداخل على الطلب والسعة لن يكون على منظومتهم فحسب ولكن على للمنظومات المجاورة أيضاً.

تعزز سياسة تقاسم الطيف بعض المغامرين ممن لا يمتلكون دعماً مالياً كافياً للحصول على الطيف من خلال المزاد ويتبعون وسيلة (طريقة) قليلة الكلفة لاستخدام تجهيزات منظومة خلوية قائمة بالطيف الخليوي لتشغيل خدمتهم. يتعامل الطيف الخليوي باستمرار مع الطلب والسعة مع منظومته الخاصة كلما استمر ازدياد عدد المشتركين. على مشغلي الخليوي الآن أن يبذلوا جهداً أكبر في الانتباه والحذر من غرباء يتقاسمون الطيف.

### 2.3 كيفية حساب السعة الراديوية لمنظومات خلوية تماثلية/1

تقاس السعة الراديوية للمنظومات الخلوية بعدد الأتنية لكل خلية لكل 1 ميغاهرتز



$$[1.3] \quad m = \frac{M}{K} \text{ قناة/خلية /ميفاهرتز}$$

حيث أن  $M$  العدد الكلي للأقنية في ميفاهرتز واحد. في الـ (FDMA) و (TDMA) إن  $M$  رقم معروف. في الـ AMPSS تساوي  $M$  لـ  $31.6 - 395/12.5$  قناة لكل ميفاهرتز. إن الرقم 395 هو العدد الكلي لأقنية الـ AMPSS. أما  $K$  فهو معامل إعادة استخدام التردد تم التعبير عنه في المقطع (3.1). إن  $K$  مرتبطة مع النسبة (D/R) وبالتالي مع (C/I) (نسبة الحامل إلى التداخل)

$$[2.3] \quad \left(\frac{C}{I}\right) = \frac{(D/R)^4}{6}$$

تعتمد المعادلة [2.3] على ستة متداخلين كما هو مبين في الشكل رقم (1.1). يمكن استخدام المعادلة [2.3] للنمطين (FDMA) و (TDMA) لكن ليس للـ (CDMA). تحدد (C/I) المطلوبة بالجودة الكلامية أو أداء للمعطيات. تساوي النسبة (C/I) في منظومة الـ (AMPSS) التماثلية لـ (63) وهي (18) ديسيبل لندع الـ (D/R) تكون معتمدة على (C/I)

$$[3.3] \quad \left(\frac{D}{R}\right)_s = \sqrt[4]{6\left(\frac{C}{I}\right)_s}$$

$$[4.3] \quad K = \frac{1}{3}\left(\frac{D}{R}\right)_s^2 = \sqrt{\frac{2}{3}\left(\frac{C}{I}\right)_s}$$

$K$  يجب أن يكون عدداً صحيحاً/ مثل 4,7,9,11,13,..... وتصبح المعادلة [1.3] على الشكل:

$$m = \frac{M}{\sqrt{\frac{2}{3}(C/I)_s}}$$

$$[5.3] \quad \left(\frac{C}{I}\right)_s = 63 \quad \text{ومن أجل}$$

$$K = \sqrt{\frac{2}{3} \times 63} = 6.48 \approx 7$$

بتعويض  $K=7$  بالمعادلة [1.3] وأخذ قناة تماثلية في الـ 1 ميفاهرتز، يمكن الحصول

على السعة الراديوية لـ  $m$  كما يلي:

$$m = \frac{33.3}{K} = \frac{33.3}{7} = 4.7 \text{ قناة/خالية/ميغاهرتز}$$

يمكن تعريف  $M$  بالمعادلة [5.3] على أنها عدد أقنية الحركة في (1) ميغاهرتز:

$$M = \frac{B_t}{B_c} = 1 \text{ MHz} / B_c \quad [6.3]$$

ويمكن التعبير عن المعادلة [5.3] بـ:

$$m = \frac{1 \text{ MHz}}{\sqrt[3]{\frac{2}{3} \left( \frac{C}{I} \right)_s}} \quad [7.3]$$

حيث أن قيمة  $(C/I)_s$  الواردة في المعادلة [7.3] هي قيمة خطية وليست بالديسيبل.

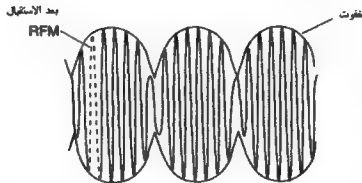
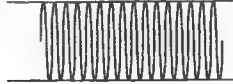
### 3.3 لماذا اختيرت في السبعينيات منظومة FM وليس AM أو رقمية؟

اختير التعديل الترددي FM بدلاً عن التعديل التماثلي AM (التعديل المطالي) بسبب الحاجة إلى إشارة معدلة ذات مطال غلاف ثابت. للتعديل الترددي مطال غلاف ثابت. وكما يتبين لنا من الشكل رقم (1.3) يتأثر مطال إشارة حامل غير معدلة في حالة إرساله عبر الوسط الراديوي المتنقل.

يتبدل مطال الحامل بسبب خفوت تعدد المسار. يتأثر تردد الحامل أيضاً بضجيج تعديل ترددي ناتج عن الوسط. إن إرتعاشات Jitters (صفر إلى 200 هرتز) التردد بواسطة ضجيج تعديل ترددي عشوائي (RFM: Random Frequency Modulation) ناتج عن سير المحطة المتقلة، وتردده هذا أقل كثيراً من التردد الكلامي ويمكن إهماله. لا يمكن تعديل غلاف إشارة الحامل قبل الإرسال بإشارة المعلومات بسبب تبدل الغلاف دوماً عبر وسط الراديو المتنقل. وإلا لن نستطيع التمييز بسهولة أي جزء من الإشارة هو للمعلومات وأي جزء هو التبدل الناتج عن وسط تعدد المسارات عند استقبال إشارة راديو متنقل. لهذا السبب إن التعديل الترددي هو التعديل المثالي نظراً لأن إشارة المعلومات تعدل التردد وليس الغلاف كما هو مبين في الشكل (2.3).

لم يتم اختيار المنظومة الرقمية في السبعينيات لأن التقانة الرقمية كانت مكلفة جداً. بُدِئَ ببحث الكلام الرقمي في السبعينيات في مخابر بل للمنظومة الراديوية المتنقلة. اخترع الكلام الرقمي من أجل الاتصال اللاسلكي باستخدام التعديل النبضي للرمز للمعدل (PCM: Pulse Code Modulation) كان معدل المعطيات للـ PCM مساوياً لـ 64 كيلوبت/ثانية. إن على عرض نطاق القناة أن يساوي (64) كيلوهرتز لإمرار قناة PCM وهذا نطاق عريض جداً لقناة راديو متنقل. لهذا تم إدخال تعديل نبضي مرمز تفاضلي (DPCM: Differential) وتعديل دلنا (DM: Delta Modulation). وقد أخذت الفعالية التحريية لترميز كلام بـ (32) و (20) كيلوبت/ثانية مكانها. كانت الجودة الكلامية جيدة في ذلك الوقت وبالرغم من أن التقانة الرقمية لم تكن ناضجة بعد كما كانت الكلفة عالية ورغماً من أن الوقت لم يكن مناسباً فقد عرف المهندسون بأنه يتوجب على المنظومة الرقمية أن تكون المنظومة المناسبة للراديو المتنقل. أخذت الصناعة الأوروبية بعد عشر سنوات القيادة مطورة منظومتها الرقمية المدعوة بالـ GSM. وأصبحت أول جيل ثاني لمنظومة خلوية.

الحامل قبل الإرسال



الشكل 1.3: رسم يبين حامل واضح (الأعلى) وإفساده في وسط راديو متنقل (الأسفل)

### 4.3 لماذا لا توفر الأتقية ضيقة النطاق (حزمة وحيدة الجانب) سعة عالية؟

في عام 1985 كان لصناعة الخليوي مجموعة شركات منتجة وعديد من الجامعيين ناقشوا لماذا كان على الـ AMPS أن تستخدم عرض نطاق قدره (30) كيلوهرتز للقناة الكلامية. يمكن لقناة (30) كيلوهرتز بتعديل ترددي (FM) أن تقسم إلى ستة أتقية وحيدة الجانب كل منها ذات عرض نطاق قدره (5) كيلوهرتز عندئذ تصبح سعة القناة لمنظومة (SSB) أكبر بستة مرات من سعة منظومة (FM). ميدئياً إن الـ (SSB)، هو الاختيار الصحيح لأنه يوفر التعديل الأكثر كفاءة بالطيف. إن منظومة اتصالات بخط نظر مثل وصلات الميكرويف أو اتصالات السوائل قادرة على الاستفادة من استخدام الـ (SSB)، لكنه في وسط راديوي متنقل إن الـ SSB تعديل غير مناسب للسينن التاليين:

1. الـ SSB تعديل مطالي. والتعديل المثالي لوسط راديوي متنقل هو التعديل ذو مطال غلاف ثابت.

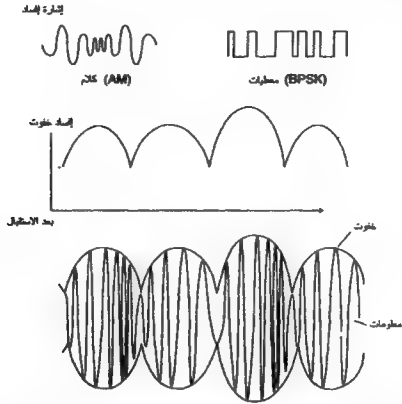
2. إن الـ SSB غير مبرهنة لتكون تعديل مردود الطيف الأفضل في منظومة خليوية. دعي "ي" في الثاني من آب (أغسطس) لعام 1985 من قبل الـ FCC لإعطاء محاضرة خاصة حول مردود الطيف - مقارنة بين التعديل الترددي والحزمة الوحيدة الجانب في الأنظمة المتنقلة الخليوية/2 (انظر للمستند 3A)

إن السبب في أن تعديل الـ SSB ليس تعديل مردود الطيف الأفضل هو كما يلي: يستخدم للحصول على قناة بجودة كلامية جيدة معاملان: عرض نطاق القناة  $B_c$  ونسبة الحامل إلى التداخل  $(C/I)_s$ . عندما تقلل  $B$  تزداد النسبة  $(C/I)_s$ . ونظراً لأن بنية شكل موجة إشارة للمنظومة التفاضلية غير متبدلة فإن العلاقة بين  $B_c$  و  $(C/I)_s$  ثابتة أي:

$$[8.3] \quad \left(\frac{C}{I}\right)_s \cdot B_c^2 = \text{ثابت}$$

يمكن الحصول على المعادلة [8.3] من المعادلة [7.3]. إنها علاقة نظرية. يمكن الحكم على جودة الكلام في كل منظومة بالأذن البشرية. من أجل الـ SSB، عندما تكون  $B_c = 5 \text{ kHz}$  كيلوهرتز فإن  $(C/I)_s$  الخاصة بها تحتاج لأن تكون (38) ديسيبل من أجل صوت يتمتع بجودة

مكاملة بعيدة (tall). يبين الجدول رقم 1.3 مقارنة بين إشارة SSB بعرض نطاق قدره (5) كيلوهرتز مع إشارة FM بعرض نطاق قدره (30) كيلوهرتز.



الشكل 2.3: استخدام التعديل الترددي FM لإشارة المعلومات والتي تعدل تردد الحامل وليس مطاله نجد من الجدول (1.3) بأن السعة الراديوية لمنظومة (SSB) أقل من الـ (FM) نظراً لأن متطلبات الفصل لقناة متشاركة بدلالة نصف قطر الخلية R في حالة منظومة الـ (FM) هو (4.6 R) فقط، بينما تساوي لـ (14 R) في حالة الـ SSB. إن على منظومة الـ FM أن يكون لها تجمع (عنقود) من سبعة خلايا بينما يقابله تجمع من 64 خلية في حالة الـ SSB. على كل خلية في منظومة الـ FM أن يكون لها مجموعة ترددات مختلفة وبالتالي يوجد 17 = 33.3 - 4.15 قناة لكل خلية لكل ميغاهرتز. وعلى كل خلية في منظومة الـ SSB أن يكون لها مجموعة ترددات مختلفة وبالتالي يوجد 200/64 - 3.12 قناة لكل خلية لكل ميغاهرتز. في هذه الحالة إن سعة الـ SSB أقل من سعة منظومة الـ FM والمقارنة بين 3.12 مع 4.75 مبيّنة في الجدول (1.3).

### الجدول 1.3

M	(D/R) <sub>S</sub>	K	ديسل (C/I)	M # لأتية حركة	
4.75	4.6	7	18	33.3	FM
3.12	14	64	38	200	SSB

### إعلان للمصوم

وكالة الاتصالات الفيدرالية

1919 M STREET N.W

واشنطن دي. سي 20554

فهرسة ممجلة لنصوص وأذن نشر 632-0002/202

معلومات أوساط إخبارية 7674-254/202

18 يوليو 1985

محاضرة حول مردود الطيف مقارنة بين الـ FM والـ SSB في المنظومات الخلوية المتنقلة. سيرعى مكتب العلم والثقافة محاضرة (Tutorial) في 2 أغسطس الساعة 2.00 بعد الظهر في قاعة اجتماعات الوكالة رقم 856 بالبنون 1919 M Street N.W, Washington DC حول "مردود الطيف: مقارنة بين الـ FM والـ SSB في المنظومات الخلوية المتنقلة" سيقلي المحاضرة الدكتور (William C.Y Lee) نائب الرئيس لتخطيط التقنية والتطوير لدى شركات (Pactel Mobile)

يتضمن مفهوم مردود الطيف الكلي أكثر من نطاق الإشارة الاسمي فقط. التنظية، مسافة إعادة استخدام القناة المشتركة، مواصفات القناة المجاورة، وربما عوامل أخرى مثل إدخال المداخلات: سيستكشف الدكتور Lee هذه العوامل وعلى الفصوص صفاتها بالجدوة الكلامية لمنظومات راديوية خلوية متنقلة. لكن المفهوم مفيد أيضاً للمنظومات غير الخلوية.

الدكتور Lee مؤهل بشكل خاص لكي يطرق موضوع المردود الطيفي باعتبار أنه لوجد نموذج الانتشار في النطاق الترددي (UHF) - المستخدم بتطوير مخابر بل المبرر ثقافتها الخلوية. حمل شهادة البكالوريوس من (Chinese Naval Academy) والماستير والدكتوراه بالهندسة الكهربائية من ولاية (Chio). الدكتور (Lee) مؤلف كتاب هندسة الاتصالات المتنقلة الذي نشر عام 1982 وله كتاب قادم هو مبادئ تصميم الاتصالات المتنقلة

جميع موظفي الـ FCC وجميع المصوم مدعوون الحضور

-FCC-

المستند 3A - إعلان FCC للمصوم "محاضرة حول مردود الطيف"

### 5.3 كيفية حساب السعة الراديوية الخليوي الرقمية

لانتقاء منظومة رقمية جيدة. تحتاج الصناعة لإيجاد علاقة تستخدمها في حساب المنظومات الرقمية. في 20 آب (أغسطس) 1987 قدم مكتب العلم والتقانة للـ (FCC: OST) (Office of Science and Technology) مناظرة تقييمية حول مستقبل الراديو الخليوي/3/.  
دعى مشغل واحد (Pactel) وثلاثة متحيين رئيسيين AT&T، اريكسون، موتورولا (انظر المستند 3B). بين W.C.Y Lee من (Pactel) بأن "عليك أن تعرف القاعدة قبل أن تلعب اللعبة". وصف علاقته التسي وجدها حديثاً وشرح كيفية استخدامها لانتقاء منظومة رقمية جيدة في كلا تعدد النفاذ الـ FDMA والـ TDMA:  
1. استخدام المعادلة [1.3]. وجدت هذه العلاقة حديثاً في عام 1987

$$[9.3] \quad m = \frac{1 \text{ MHz}}{B_c \sqrt{\frac{2}{3} \left( \frac{C}{I} \right)_s}}$$

يعطى عرض نطاق القناة  $B_c$  لكل منظومة مرشحة. يمكن الحصول على النسبة  $(C/I)_s$  ببساطة الجودة الكلامية على مستوى مقبول معياري: عادة عند (4) في علامة الرأي الوسطي (MOS: Mean Opinion Score). الآن لكل منظومة مرشحة عدد لـ  $B_c$  وآخر لـ  $(C/I)$ .  
2. نظراً لأن لكل منظومة عرض النطاق الخاص بها  $B_c$  والذي يختلف عن الأخرى فالأمر يحتاج لمعايرة (normalization). إن علاقة المعايرة المذكورة في المعادلة [8.3]. إن  $(C/I)_{SN}$  هي النسبة  $(C/I)$  المعايرة والـ  $B_{CN}$  هو عرض القناة المُعاير:

$$[10.3] \quad \left( \frac{C}{I} \right)_s B_c^2 = \left( \frac{C}{I} \right)_{SN} \cdot B_{CN}^2$$

3. ضع في لائحة كافة النسب  $(C/I)_{SN}$  الجديدة المطلوبة بعد المعايرة مع  $B_{CN}$

$(C/I)_{SN1}$	المنظومة أ
$(C/I)_{SN2}$	المنظومة ب
$(C/I)_{SN3}$	المنظومة جـ

## إعلان للمصوم

استلمت في 26 آب 1987

وكالة الاتصالات الفيدرالية  
1919 M STREET N.W  
واشنطن دي. سي 20554

معلومات لوسط إخبارية 632-5050/202  
فهرسة مسجلة لنصوص ولأون نشر 632-5050/202  
20 آب 1987

يقدم مكتب العلم والثقافة محاضرة حول مستقبل الراديو الخليوي

يسر مكتب الهندسة والثقافة تقديم محاضرة حول "مستقبل الراديو الخليوي" في 2 أيلول (سبتمبر) 1987 الساعة الواحدة والنصف بعد الظهر في قاعة لاجتماعات الوكالة، القاعة 856، في الطوار 1919 M street N.W تحمل لوحة المحاضرة الأسماء: الدكتور William C.Y. Lee من Pactel Mobile والسيد Joran Hoff من Ericsson radio systems والسيد Jesse E. Russel من AT&T Bell Laboratories

- الدكتور Lee الذي ألقى محاضرة سابقاً حول "مردود منظومة خليوية" هو نائب رئيس التطوير وتخطيط الثقافة لدى (Pactel Mobile). هو حاز على درجة البكالوريوس من (Taiwan Naval Academy) ودرجتي الماجستير والدكتوراه من جامعة ولاية Ohio. طور نموذج لانتشار في النطاق UHF للمنظومة هاتف متنقل متقدمة عندما كان لدى مخابر بل.

- السيد Hoff حالياً مدير بحث المنظومات الخليوية والتطوير (عالمياً) لـ Ericsson Radio System. شغل هذا المنصب منذ عام 1982. شغل قبل عام 1982 عدة مناصب مع منظومات اريكسون الراديوية وبشكل رئيسي المتصلة مع هندسة المنظومات. يحمل درجة الماجستير بالالكترونيات والهندسة من معهد Chalmers للتكنولوجيا في Gothenburg, Sweden

- السيد Russel: كان قد سمي رئيساً لقسم تصميم البرمجيات الخليوية لدى مخابر بل عام 1984. كان مسؤولاً عن تطوير برامج الحاسب لتحكم عمليات محطات القاعدة الخليوية. أوكلت له مسؤولية التطوير لتعزيز البرمجيات والقواعد الحديثة لمحطات القاعدة الخليوية. يحمل درجة البكالوريوس بالهندسة الكهربائية من جامعة ولاية Tennessee ودرجة الماجستير بالهندسة الكهربائية من stanford

- يمثلان أعضاء اللجنة مستقبل الراديو الخليوي من وجهة نظر كل منهما الفريدة. كان السيد Hoff يدير جهود اريكسون لمنظومة التقسيم الزمني متعدد النطاق الزمني (TDMA) المشابهة لتلك المنظومة المستقبلية الخليوية الرامية المختارة لكلل أوروبا جيت مخابر (AT&T Bell) حديثاً مفهوم تقسيم تردد متعدد النطاق الزمني قادر على التلازم في الهاتف الخليوي العالمي. الدكتور Lee في محاضراته المذكور أعلاه وفي مقالات عديدة بالمصاحبة المتوفرة قد وصف لتركيب الثقافة الرقمية ذات النطاق الحريض

المصوم مدهون الحضور

-FCC-

المستند 3B إعلان FCC للمصوم، "مستقبل الراديو الخليوي"



4. قارن جميع النسب  $(C/I)_{SN}$  بعد المعايرة. إذا وجدت بأن قيمة النسبة  $(C/I)_{SN2}$  بحيث تحقق التراجحة

$$(C/I)_{SN2} < (C/I)_{SN1} < (C/I)_{SN3}$$

عندئذ واعتماداً على المعادلة [9.3] فإن المنظومة (ب) لها أعلى سعة راديوية وهي المنظومة الأكثر كفاءة للطيف مقارنة مع المنظومتين (آ) و(ج).

### 6.3 متطلبات منظومة رقمية من (ARTS)

أدرك مشغلو الخليوي عام 1987 بأن منظومة الـ AMPS التماثلية غير قادرة على مواجهة النمو السريع للسوق. لذلك شكل اتحاد صناعة الاتصالات الخليوية (CTIA: Cellular Telecommunication Industry Association) لجنة فرعية دعت باللجنة الفرعية لتقانة الراديو المتقدمة (ARTS: Advanced Radio Technology Subcommittee). كان للجنة الفرعية ثلاثة عشر مشغلاً متطوعاً بقيادة W.Lee من Dennis و Pactel من Rucker من Ameritech. كان الهدف إيجاد منظومة رقمية لسعة عالية. تم وضع المتطلبات المرغوبة للمستخدمين من قبل ARTS:

1. تساوي السعة المطلوبة عشرة أمثال سعة الـ AMPS.
2. أدرج اقتراح W.Lee بالحصول على جهاز محمول باليد بنمط عمل مزدوج (dual mode) في المتطلبات. ظهرت فكرة الجهاز المحمول بنمط مزدوج أولاً في صناعة الخليوي ثم عارضها البائعون.
3. تمت جدولة المنظومة الرقمية الجديدة بحيث تقدم للسوق في عام 1990.
4. أن يكون استخدام المنظومة الرقمية للكلام فقط أولاً وليس لإرسال المعطيات. جاء ذلك من مسح للسوق دفع كلفته CTIA ونفذ من قبل (Booth Alan Hamilton) عام 1987.
5. لن يكون هناك تعديل في أفضية إقامة الاتصال المتوفرة باستخدام أفضية إقامة الاتصال التماثلية لتوصيل المكالمات لأفضية الكلام الرقمية أو التماثلية. لهذا لم تكن هناك حاجة لأفضية إقامة اتصال رقمية وقد كانت أبسط طريقة لتسريع زمن التطوير.
6. أن تستطيع التواجد مع الطيف التماثلي. لم تتمكن الـ FCC من تخصيص نطاق ترددي

جديد للخليوي الرقمي. بعدئذ أصبح التشغيل بتواجد مشترك للمنظومة AMPS والمنظومة الرقمية مشكلة. بدأت في عام 1987 هيئة معيار اتحاد صناعة الاتصالات (TIA) في تشكيل المجموعة TR 45.5 لتطوير منظومة رقمية خليوية وأخذت متطلبات ARTS كقاعدة توجيه لها.

في هذا الوقت اعتقدت معظم الصناعات بأن الـ FDMA سيكون الراجح للأسباب التالية:

1. هناك مجازفة صغيرة من تطوير منظومة رقمية تعمل بنمط الـ FDMA نظراً لأن المنظومة التماثلية كانت منظومة FDMA. سيكون للوسط الطبيعي المؤثر في منظومات الـ FDMA الرقمية نتائج أداء مشابهة لمنظومة تماثلية تعمل بنمط الـ FM. وجد كثيرون من مصممي المنظومة بأن بإمكانهم استخدام المنظومة التماثلية FM للمنظومة الرقمية FDMA دون البحث عن قيم مجهولة لمُعَلِّمات جديدة (Parameters) لمنظومة TDMA عالية السعة في صناعة الراديو.
2. بالإمكان تجارياً تشغيلها في عام 1990 والذي كان بعد ثلاث سنوات تقريباً.
3. كان امتداد التأخير الزمني (the time delay spread) في صناعة الراديو المتقل صغيراً نسبياً لأجل معدل إرسال منخفض في منظومة FDMA.
4. كانت كلفة التطوير قليلة.
5. يمكن استخدام نفس القيمة لـ  $C/I = 18$  (ديسبل) لكلا المنظومتين التماثلية والـ FDMA، لهذا يمكن استخدام نفس موقع الخلية لكلا المنظومتين. وبالتالي تكون المنظومتان متشاركتين بالمواقع.
6. إن سعة الـ FDMA قادرة أن تكون أعلى من سعة الـ TDMA بسبب:
  - أ. تحتاج الـ TDMA لزمان حماية بين النوافذ الزمنية (guard time) وهو سقف إضافي يقلل السعة لا تحتاج الـ FDMA إليه.
  - ب. لا تحتاج الـ FDMA لنطاق حماية بين الأقنية لأنه لا توجد أقنية متجاورة عاملة في نفس القطار أو الخلية في المنظومة الخليوية.
  - ج. يمكن تنفيذ المناولة في الـ FDMA بسهولة بنفس طريقة المنظومة التماثلية.

### 7.3 لماذا اختيرت منظومة الـ TDMA للمنظومة الرقمية؟

عرضت AT&T بنجاح في تموز (يوليو) عام 1987 منظومة رقمية FDMA في شيكاغو. إن طريقة نفاذ الـ FDMA واحدة للتماثلي والرقمي ونظراً لأن الـ AMPS منظومة FDMA فإن كثيراً من المعاملات المقاسة ميدانياً للمنظومة التماثلية FDMA ممكنة الاستخدام للمنظومة الرقمية FDMA. استخدمت AT&T قناة بنطاق (10) كيلوهرتز للمنظومة FDMA الرقمية، كما استخدم معدل (8.3) كيلوبت/ثا للفوكودر (رمز الكلام) من أجل الكلام. كانت الجودة جيدة حين اختبرت خارج شيكاغو في منطقة ضواحي. اقترحت فيما بعد لجنة الـ ARTS الفرعية لـ (CTIA) اعتماداً على عرض (AT&T) بأن عرض نطاق القناة الرقمية أو عرض نطاق القناة المكافئ يجب أن يكون (10) كيلوهرتز والـ (C/I) مساوية لـ (18) ديسيبل للمنظومة الرقمية الجديدة.

أرادت شركتان عرض منظومتهما المقترحة. في أواخر عام 1987 عرضت شركة موتورولا منظومتها الـ FDMA في (Santa Ana)، كاليفورنيا. وعرضت اريكسون منظومتها الـ TDMA في لوس أنجلوس. كانت AT&T قد قامت بعرضها أبكر وشعرت بأنه ليس من الضروري أن تشارك بهذا العرض.

بالنحو للعرض القادم، شعرت موتورولا بأن الـ FDMA كانت المنظومة التي يتوجب انتقاؤها. أرادت الشركة التأثير على الصناعة أكثر بتقليل عرض نطاق القناة (10) كيلوهرتز إلى (7.5) كيلوهرتز. واستخدام فوكودرها المفحوص مخيراً ذي الـ (6.2) كيلوبت للكلام.

أرادت موتورولا أن تبين تقانات أفضل في عرضها مقابل ما قامت به الـ AT&T نظراً لأن تضيق عرض نطاق القناة لموتورولا كان مساوياً لثلاثي عرض النطاق المقترح أصلاً كما أن الفوكودر غير ناضج كانت الجودة الكلامية غير مقبولة.

على الجانب الآخر إن اريكسون شركة أوروبية أرادت الفوز باقتراح منظومتها الـ TDMA. أولاً كانت الـ GSM للمنظومة الأوروبية المعيارية المستقبلية بنمط TDMA قيد التطوير. كان لاريكسون معرفة أفضل في تطوير الـ TDMA. امتلكت الشركات المنتجة الأمريكية واليابانية خبرة أعظم في تطوير الـ FDMA واستقرت على الـ FDMA. نوقش سبب انتقاء الـ FDMA في المقطع (6.3). عرفت اريكسون بأن هذا العرض كان فرصتها

الوحيدة لتصبح المنظومة المعيارية الرقمية الأمريكية. كانت اريكسون تستخدم عرض نطاق قناة قدره (30) كيلوهرتز للـ TDMA. اعتماداً على مطلب الحصول على قناة نافذة مكافئة قدرها (10) كيلوهرتز فإن من الواجب أن يوفر عرض النطاق (30) كيلوهرتز ثلاث نوافذ زمنية.

ومع ذلك قالت اريكسون بأن تنفيذ TDMA بثلاث نوافذ غير ممكن التحقيق في مثل هذا الوقت القصير. لهذا السبب نفذت قناة TDMA بنافذتين ضمن عرض نطاق قدره (30) كيلوهرتز. كان عرض النطاق المكافئ بعدئذ (15) كيلوهرتز وهو ضعف عرض نطاق موتورولا المساوي (7.5). استطاعت اريكسون أن تستخدم إنتاجها الناضج وهو فوكودر الـ GSM والذي كان بمعدل قدره (13) كيلوبت/ثا بسبب أن قناة النافذة الزمنية المكافئة مساوٍ لـ (15) كيلوهرتز. امتلك فوكودر الـ GSM ذو الـ (13) كيلوبت/ثانية حيزاً كافياً عند إرساله عبر قناة نافذة زمنية قدرها (15) كيلوهرتز وليس قناة نافذة زمنية مساوية لـ (10) كيلوهرتز. وفيما يلي مقارنة لمعلومات المنظومتين:

منظومة رقمية	عرض نطاق (كيلوهرتز)	فوكودر (كيلوبت/ثانية)
موتورولا FDMA	7.5	6.2 مفصوص مخرباً
اريكسون TDMA	15	GSM 13

كانت الجودة الكلامية لمنظومة اريكسون عند الاستماع ضمن للركبة أفضل بكثير من منظومة موتورولا. ركز كثير من المستمعين الذين قارنوا المنظومتين على الجودة الكلامية وقالوا بأن الجودة الكلامية للـ TDMA كانت أفضل بكثير. لم يفهم الكثير من المشاركين لماذا كان عرض اريكسون أفضل. حتى أنه لم يهتم أحد بأن المقارنة لم تكن عادلة. توجه كل واحد في ذلك الوقت إلى الـ TDMA. فازت اريكسون باللعبة.

### 8.3 تقييم منظومة كفاءة الطيف للـ (WLL)

منظومة العروة (الحلقة) المحلية اللاسلكية (WLL: The Wireless Local Loop System) هي منظومة ثابتة لاسلكية، نقطة ثابتة - إلى - نقطة ثابتة. إن الـ WLL مستخدمة للخدمات الهاتفية بدون توصيل خط سلكي. توضع وصلات (Links) الـ (WLL) عادة أعلى من

الأرض كي يتوفر خط نظر (LOS: Line-Of-Sight). لهذا فإن الوصلات تكون في حالة خط نظر. تتناسب في حالة توفر خط نظر خسارة (فقد) الانتشار مع مقلوب مربع المسافة  $d^{-2}$  بدلاً من  $d^{-4}$  في حالة خسارة الراديو للتنقل. لهذا فإن ضياع الانتشار أقل. تستطيع حالة خط النظر (LOS) التأثير على المنظومة بثلاثة أمور:

1. يمكن للإشارة أن تنتشر مسافة أبعد بكثير بالخسارة المتناسبة مع  $d^{-2}$  عند قدرة إرسال معطاة
2. سيكون التداخل من قناة متشاركة بالتردد (cochannel) متجاوزة أعلى في حالة خسارة مسار  $d^{-2}$  منه في حالة الـ  $d^{-4}$ .
3. إن النسبة المطلوبة لمستوى  $(C/I)_s$  في الـ WLL في حالة خفوت غير متعدد المسار أقل منها في حالة الخليوي

نأخذ هذه الاعتبارات الثلاث في حساباتنا للحصول على منظومة كفاءة الطيف من أجل الـ WLL، يجب تطبيق إعادة استخدام التردد كما هو الحال في المنظومة الخليوية. لنفترض بأن هناك ستة متداخلين (Interferers) كما هو مبين في الشكل رقم (3.3). إن الـ  $(C/I)$  المستقبلية عند المكان المطلوب مبينة في المعادلة [11.3] (بسته متداخلين) وهي مختلفة عن معادلة المنظومة الخليوية [2.3]:

$$\frac{C}{I} = \frac{(D/R)^2}{6} \quad [11.3]$$

يمكن أيضاً استخدام هوائيات موجهة في كلا النهايتين، لهذا من الممكن اختزال المعادلة [11-3] لتكون مع متداخل واحد فقط:

$$\frac{C}{I} = (D/R)^2 \quad [12.3]$$

عندئذ السعة الراديوية للـ WLL، هي:

$$m_w = \frac{M}{\left(\frac{1}{3}\left(\frac{D}{R}\right)^2\right)} = \frac{M}{2(C/I)_s}$$

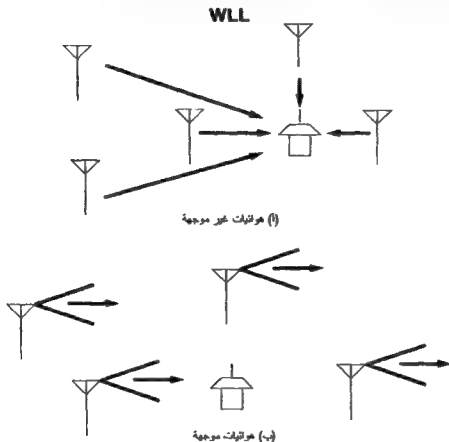
$$[13.3] \quad 3 = \frac{M}{(C/I)_s} \text{ متداخل واحد}$$

مقارنة المعادلة [13.3] للـ WLL ذات المتداخل الواحد مع المعادلة [5.3] لمنظومة خليوية ذات ستة متداخلين، إذا كانت  $(C/I)_s$  واحدة في كلا المنظومتين:

[14.3]

$$\frac{m}{m_w} = \sqrt{\frac{(C/I)_s}{6}}$$

ونظراً لأن  $(C/I)_s$  أكبر من (10) دوماً فإن  $m > m_w$ ، أي أن السعة الراديوية للـ WLL أقل من تلك للخلوي. لحسن الحظ إن  $(C/I)_s$  لكلا المنظومتين مختلفتان:



الشكل 3.3: WLL

$(C/I)_s = 18 \text{ dB} (= 63)$  لمنظومة خلوية في حالة خفوت متعدد المسار

$(C/I) = 10 \text{ dB} (= 10)$  لمنظومة WLL في حالة لا خفوت متعدد المسار

بتعويض هذين الرقمين في المعادلتين [5.3] و [13.3] على الترتيب تصبح النسبة  $m/m_w$ :

$$\frac{m}{m_w} = \frac{1}{3} \cdot \frac{10}{\sqrt{\frac{2}{3}} \times 63} = 0.51 \quad [15.3]$$

أي أن السعة الراديوية للـ WLL (بمتداخل واحد) ضعف السعة الراديوية للخلوي

(بسة متداخلين).

### 9.3 تقييم منظومة كفاءة الطيف لأجل منظومة ساتلية متنقلة (MSS)

يبين الشكل رقم (4.3) المدارات المستخدمة في الخدمة الساتلية المتنقلة (MSS: Mobile Satellite Service) للحالات LEO، MEO، GEO. إن منظومات الـ LEO (Low Earth Orbit) في طور البدء بالانتشار في الأسواق. والمواصفات الرئيسية لاستخدام منظومة (LEO) بالمقارنة مع MEO (Mid Earth Orbit) والـ GEO (Geosynchronous Earth Orbit) لاتصالات السواتل المتنقلة مبينة في الجدول (2.3). إن مزايا استخدام الـ LEO هي:

1. مناسبة لأجهزة محمولة باليد منخفضة القدرة
2. ذات زمن وصول أقل للكلام
3. زيادة السعة الراديوية في طبقها المخصص كما هو مبين في الشكل (5.3)

الجدول 2.3: مواصفات ثلاثة أنواع من سواتل الاتصالات

نوع الساتل	ارتفاع الساتل	عدد السواتل الواسطي اللازم لتغطية عالمية	نطاق التشغيل* التردد	قدرة جهاز المشترك	التأخير الزمني	المرور التقديري للساتل
GEO	35.000 كم	3	2.5-1.6 غيغاهرتز	قدرة كبيرة	¼ ثانية	15 عاماً
MED	10.000-5.000 كم	10	2.5-1.6 غيغاهرتز	قدرة متوسطة	33-16.5 ميلي ثانية	10 أعوام
LEO	1.500-500 كم	صغير - 20 كبير - 100	صغير - 150 ميجاهرتز كبير - 2.5-1.6 غيغاهرتز	قدرة صغيرة	8-2.6 ميلي ثانية	5 أعوام

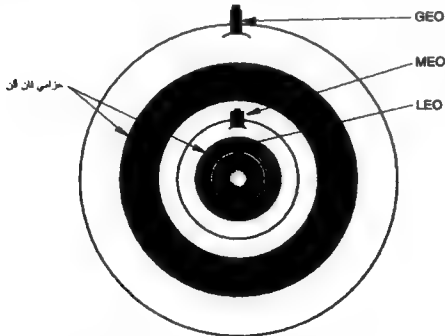
للميزتان الأولى والثانية ذاتيا التوضيح. الميزة الأخيرة بحاجة إلى التطرق. تعتمد خسارة مسار الانتشار على خسارة الفراغ الحر نظراً لأن الوصلة (Link) الساتلية المتنقلة في حالة توفر خط نظر (LOS) في معظم الحالات. ونظراً لوجود (66) ساتلاً في منظومة الايريديوم

\* ملاحظة للمترجم: النطاقات الترددية المذكورة هي للطرفيات المتنقلة

و(48) ساتلاً في منظومة غلوبال ستار يغطي كل ساتل 2% من سطح الكرة الأرضية. وباعتبار انخفاض ارتفاع المدار (900 كيلومتراً لمنظومة الايريديوم و1400 كيلومتراً لمنظومة الغلوبال ستار) فإن دورة واحدة لكل ساتل حول الأرض تستغرق أقل من ثلاث ساعات. فبدورة واحدة لساتل من منظومة غلوبال ستار تستغرق 114 دقيقة. يمكن لكل ساتل أن يركب هوائياً متعدد الحزمة ويمكن اعتبار كل حزمة على أنها خلية. هناك 16 حزمة هوائية في منظومة الغلوبال ستار كما هو مبين في الشكل رقم (6.3)، وكل حزمة قادرة على تخديم (85) قناة. إن السعة الراديوية للغلوبال ستار هي:

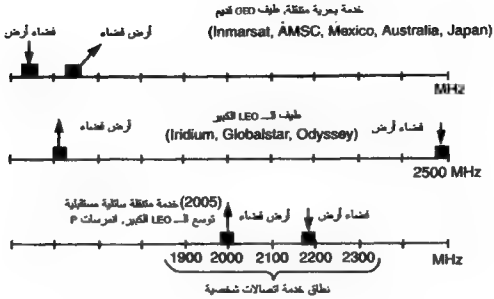
$$m = 85 \text{ حزمة خلية / قناة}$$

ونظراً لأن كل حزمة قادرة على تغطية مساحة (625,000) كم<sup>2</sup> بنصف قطر قدره (446) كيلومتراً فإنها خلية حزمة ضخمة على الأرض. عندئذ هناك (0.014) قناة لكل (100) كم<sup>2</sup>. جميع المنظومات المتنقلة الساتلية هي منظومات سعة راديوية منخفضة. لمنظومة الس-LEO سعة راديوية أعلى من سعة الس-MEO والس-GEO ولكنها تبقى غير كبيرة بشكل كافٍ لخدمة حركة منطقة مأهولة أو ضاحية.



الشكل 4.3: المدارات المستخدمة للخدمة الساتلية المتنقلة



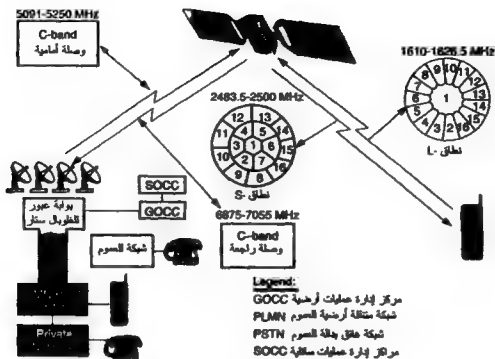


الشكل 3.3: النطاق المخصص لمنظومات\* السواتل المتنقلة

يستخدم الـ LEO لتعزيز تغطية وخدمة خلوية في مساحات حيث تكون التغطية الأرضية غالية جداً، أو أن بعض الزبائن بحاجة لتأمين مكالمات اضطرارية وليس لديهم أقتية متاحة من الخليوي.

هناك مفهوم مختلف واحد في تصميم منظومة LEO هو أن الخلية (موطئ قدم الحزمة) متحركة بسرعة كبيرة على الأرض كما هو مبين في الشكل رقم (7.3). تتحرك خلية الحزمة داخلة وخارجة خلال دقيقة واحدة تقريباً وتحتاج مكالمات مدتها ثلاث دقائق على الأقل لمناولتين (handoff).

\* ملاحظة للمترجم: كان على جدول أعمال المؤتمر العالمي للاتصالات الذي جرى في عام 2000 باستبئول بند يتعلق بالنطاقات الخاصة بخدمة اتصالات السواتل المتنقلة وقرارات المؤتمر شملت زيادة للنطاقات.



الشكل 6.3: مخطط تردد غلوبال ستار

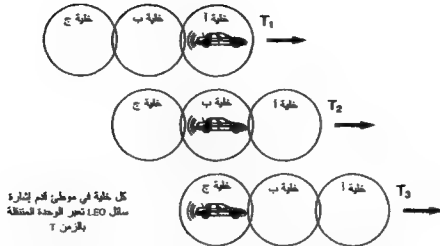
### 10.3 الخلية الميكروية الذكية ومفاهيم تبديل (switching) حزمة الهوائي

كما ذكرنا في المقطع (14.2) إن تداخل القناة المتشاركة قاتل لأداء منظومة ما. يمكن العلاج في تقليل التداخل بتسليم القدرة فقط إلى المحطة المتنقلة المعنية ضمن مساحة صغيرة ضيقة.

هناك مفهومان مستخدمان هما الخلية الميكروية وتبديل حزمة الهوائي (antenna beam switching)

#### 1.10.3 مفهوم الخلية الميكروية الذكية Intelligent Microcell Concept

سجل Lee في عام 1988 لدى Patent اختراعاً لمفهومه عن الخلية الميكروية والتي بإمكانها زيادة السعة مرتين ونصف زيادة على الـ AMPS دون تغيير لمواصفة منظومة الـ (AMPS). منح Lee براءته في عام 1990/6 كما منح براءة اختراع آخر عام 1991



الشكل 7.3: تتحرك الخلية بسرعة أكبر بكثير من الوحدات الخلية المتنقلة

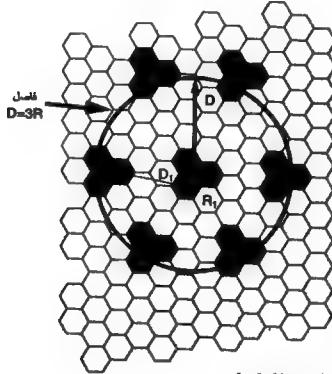
ونظراً لأن (Pactel) كانت فرعاً من (Pacific Telesis) التي كانت أحد أطفال Bell السبعة الصغار، كان على (Pactel) أن تطع قيد قرار محكمة نهائي (MFJ: Modified Final Judgment) تم إصداره من قبل (DOJ) ونوقش في المقطع (2.5). بالتزامه بهذه القيود قام بتطوير خلية ميكروية ذات الفوائد التالية:

1. لا تبديل للبنية التحتية (infrastructure) لمحلة القاعدة (لا حاجة لطلب مساعدة البائعين Vendors)
2. لا مناولة بين الخلايا للميكروية
3. لا محطة قاعدة لدى كل خلية ميكروية، فقط مبدل منطقة (zone converter)
4. سهولة نشر وتركيب مبدل منطقة (مماثل لمحطة إعادة same as a repeater)
5. نفس الجودة الكلامية كما في مواصفة AMPS أو أفضل مع زيادة في السعة الراديوية على الأقل مرتين إلى مرتين ونصف

يعتمد المبدأ في جعل منظومة الخلية الميكروية الذكية تعمل على ما يلي: إن معامل إعادة استخدام التردد  $K$  (frequency reuse) في المنظومة الخلية، المألوفة (Convention)، مستخدم لكلا الجودة الكلامية والسعة الراديوية. في منظومة الخلية الميكروية هذه يمكننا تقسيم  $K$  إلى اثنتين:  $K$  للحدود الكلامية و  $K$  أخرى للسعة الراديوية. إن  $K$  للجودة الكلامية هي نفسها للمنظومة AMPS، السعة الراديوية ممكنة التصغير من  $K = 7$  إلى  $K = 3$

وهذا يكافئ 2.33 مرة السعة الراديوية للـ AMPS

في الشكل (8.3) نعالج الخلية الميكروية، يخضع نصف قطر المنطقة ( $R_1$  zone) والفاصل بين منطقتين فعاليتين  $D_1$  للعلاقة  $D_1/R_1 = 4.6$ ، اعتماداً على أن  $C/I = 18$  dB أو  $K = 7$  للحدودة الكلامية. تحتوي كل خلية نظامية على ثلاث خلايا ميكروية أو (مناطق zones) كما هو مبين في الشكل رقم (9.3). إن نصف قطر الخلية النظامية  $R$  وفاصل الخلية  $D$  بين خليتين نظاميتين قادران على إحراز  $D/R = 3$  والتي تؤدي لـ  $K=3$ . وهذا يعني زيادة بالسعة مرتين إلى مرتين ونصف.

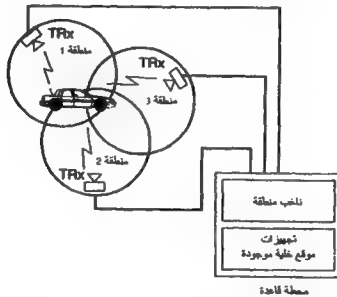


استخدام خلية ميكروية  
من أجل فاصل منطقة أصالة  
منطقة  $AD_1/R_1 = 4.6$   
منطقة  $BD_1/R_1 = 5.5$   
منطقة  $D=3R$  لأجل فاصل خلية ميكروية  
ينتج عن هذا  $K=3$   
ينتج عن هذا  $2 \approx 2.5$  زيادة سعة

### الشكل 8.3: تطبيق سعة الخلية الميكروية

إن بنية منظومة الخلية الميكروية مبنية أيضاً في الشكل رقم (9.3). تصبح المنطقة فعالة

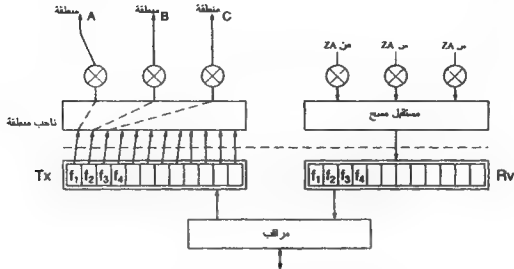
بفعل ناخب المنطقة اعتماداً على قياسات شدة الإشارة المستقبلية من المحطة المتنقلة بواسطة مستقبل المسح عند ناخب المنطقة كما هو مبين في الشكل (10.3). إذا كان هناك (60) محطة متنقلة متوضعة في ثلاث مناطق (zones)، يعرف ناخب المنطقة أين توجد هذه المحطة المتنقلة في المناطق الثلاث ويرسل ترددات الأقنية للمناطق المقابلة. عندما تتحرك محطة متنقلة فعالة من منطقة إلى منطقة مجاورة ضمن الخلية النظامية (regular) يحدث ببساطة فعل بدالة (switch) منطقة وليس مناوله. تأخذ عملية المناولة مكانها حالما تتحرك المحطة المتنقلة إلى أقليم خلية آخر (region).



الشكل 9.3: مفهوم الخلية الميكروية الأساسي لمنظومة خلية ميكروية

تكون المبدلات بشكل أزواج. هناك مبدلان عند موقع ناخب المنطقة مبدل للأعلى (up converter) ومبدل للأسفل (down converter). يستطيع المبدل تحويل التردد إما من (800) ميغاهرتز (خليوي) أو (1900) ميغاهرتز (PCS) إلى تردد ميكروي (18 أو 23) غيغاهرتز عبر راديو لاسلكي أو إلى تردد ضوئي عبر كابل ضوئي أو إلى تردد منخفض (حوالي 70 ميغاهرتز) عبر سلك رفيع. يستخدم مبدل للإرسال والآخر للاستقبال وهناك مبدلان أيضاً مزكبان في موقع المنطقة واحد للأعلى وآخر للأسفل. يحتاج تصميم مبدل إرسال إلى اهتمام أكثر قليلاً لأن الإشارات المستقبلية في موقع المنطقة من مختلف الأجهزة

المتنقلة مختلفة بسبب مواقعها. إن المجال الديناميكي لمبدل الإرسال في موقع المنطقة أكبر بكثير من ذلك في موقع ناخب المنطقة. أنتج للمبدل الضوئي من قبل Allen Telecom وهو (مبين في الشكل 11.3) والمبدل الميكروي من قبل شركة 3dBm. انتشر هذان المبدلان في لوس أنجلوس وسان دييغو.



الشكل 10.3: تعديل ترتيبية التجهيزات لمنظومة خلية ميكروية

### 2.10.3 مفهوم تطبيق تبديل (switching) حزمة الهوائي /B/

إن مفهوم استخدام هوائي بتبديل الحزمة من أجل السعة الراديوية هو نفسه مفهوم الخلية الميكروية الذكية. يحل محل المناطق الثلاث ثلاث حزم هوائي (antenna beams). ويحل محل ناخب المنطقة ناخب الحزمة (beam selector) نظراً لأن جميع حزم الهوائي الفرعية متشاركة بالموقع (colocated)، لا حاجة للحصول على المبدلات. يبين الشكل رقم (12.3) كلا المفهومين. يمكننا القول بأن استخدام مفهوم هوائي حزمة متبذلة هو ترتيب فرعي (subset) لمفهوم استخدام خلية ميكروية ذكية لزيادة سعة الراديو.

## 11.3 عدة طرق تعديل من أجل مواضع السعة

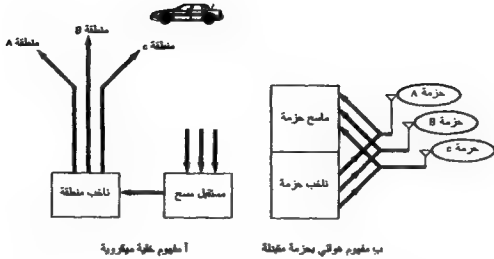
هناك ثلاث طرق تعديل لزيادة السعة تتم مناقشتها فيما يلي:

### 1.11.3 ترميز فراغي زماني (S.T.) space-time coding /9/

الترميز الفراغي - الزمني (S.T.) مفهوم جديد. تضم حالياً تعريشة (trellis) الترميز كلا من الترميز والتعديل لإنجاز ربح ترميز كبير بدون التضحية بمردود عرض النطاق. تستخدم مجموعة تشوير متعددة المستوى والطور للحصول على كوكبات (constellations) إشارات متعددة المطالات ومتعددة الأطوار. في الترميز الفراغي - الزمني. يختار المرمز الفراغي - الزمني ومن أجل كل رمز (symbol) نقاط الكوكبة لطريقة تعديل كي يرسلها في نفس الوقت من كل هوائي بحيث يكون ربح الترميز وربح التنوع diversity أعظم ما يمكن.



الشكل 11.3: مبدل ضوئي (تبدل تماثلي) مصنع من قبل Allen Telecom

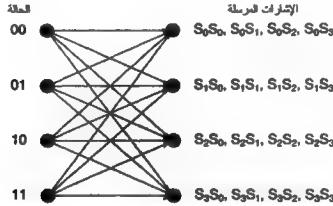


### الشكل 12.3: مفهوم الخلية الميكروية مقابل مفهوم هوائي حزمة متبدلة (switching)

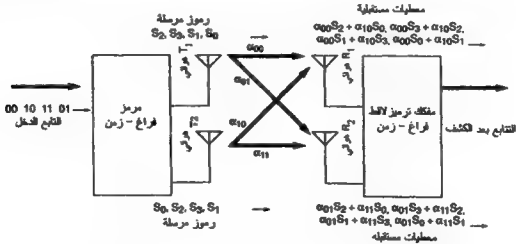
يُحسن الترميز الفراغي - الزمني أداء المنظومات الخليوية في الوصلة النازلة للـ CDMA بعدد محدود من الهوائيات في محطة القاعدة. لكل مشترك تتابع نشر خاص به (Individual Spreading Sequence) (زمن). ينعكس التتابع الفريد على عدد من عناصر الهوائي المفصولة عن بعضها فراغياً (فراغ) مما يشكل ترميزاً فراغياً - زمنياً. لبناء ترميز فراغ - زمن بطريقة تعديل رباعي الأطوار QPSK، يعرف ترميز التعريشة رباعي الحالة مع كوكبات الـ QPSK ( $S_0, S_1, S_2, S_3$ ) ترميزاً فراغياً - زمنياً لصيف (array) إرسال من عنصرين كما هو في الشكل رقم (13.3). يوضح الشكل رقم (14.3) عمل المرمز ومفكك الترميز. لكلا هوائي الإرسال والاستقبال تشكيلة (صيف) (array) هوائي بعنصرين. إن معاملات الخفوت  $\alpha_{01}, \alpha_{10}, \alpha_{11}$  متحولات عشوائية مستقلة إحصائياً ومعروفة مسبقاً. يشع الهوائي  $T_1$  رموز التعديل التالية  $\{S_2, S_3, S_1, S_0\}$  كما يشع الهوائي  $T_2$  الرموز  $\{S_0, S_2, S_3, S_1\}$ . يستقبل هوائيا المستقبل ( $R_1$ ) و ( $R_2$ ) معاملات الخفوت متراكبة (superposed) على هذه الرموز عبر الوسط وبالتالي سيستقبل اللاقط  $R_1$  ( $\alpha_{00} S_0 + \alpha_{10} S_1$ ) من الهوائي  $T_1$  و ( $\alpha_{00} S_0 + \alpha_{11} S_1$ ) من الهوائي  $T_2$ . إن الإشارات للثقب لكل هوائي مستقبل مبنية على الشكل رقم (14.3). يخفض مفكك الترميز إلى الحد الأدنى للمسافة الإقليدية (euclidean) بين المعطيات المستقبلية والرموز المرسلَة بإيجاد المسار عبر التعريشة (trellis)  $1/9$ . يصلح هذا



الترميز لإرسال معطيات عالية السرعة. يحتاج الترميز الفراغي - الزمني لهوائيات متعددة بينما لا يحتاج الترميز التوريثي المشروح في المقطع (12.7) لذلك. ومع هذا يستخدم الترميز التوريثي معالجات متعددة (multiple processor) بدلاً من الهوائيات المتعددة لفك ترميز المعلومات بسرعة. يرفع كلا الترميزين القيمة العظمى لربح التنوع لدى جهاز المشترك. يمكن في حالة ترميز الـ (S.T.) هذا تقليل قدرة الإرسال بسبب مزودي ربح التنوع لدى المحطة المنتقلة. لهذا ينحزل مستوى التداخل. يمكن للمسافة  $D$  بين قناتين متشاركتين أن تكون أصغر. وكذلك يمكن للنسبة  $D/R$  أن تكون أصغر. كما يمكن لمعامل إعادة استخدام التردد  $K$  أن يكون أصغر أيضاً، مما يؤدي بالسرعة لأن تكون أكبر.



الشكل 13.3: تساعد حالة الترميز الرباعي تعريف ترميز (فراغ - زمن) لتشكيلة إرسال من عنصرين



الشكل 14.3: منظومة اتصالات باستخدام مرز (فراغ - زمن)

### 2.11.3 تطبيق الـ QAM (تعديل مطلق رباعي) (Quadrature Amplitude

Modulation)

يمكن النظر للتعديل المطلق الرباعي الطور على أنه من إبراق (ترزير: keying) إزاحة مطالية (ASK: Amplitude Shift Keying) وإبراق إزاحة طور (PSK: Phase Shift Keying). الـ ASK ليس تعديلاً بغلاف ذي مطال ثابت. ولكن الـ PSK كذلك. يفسد الخفوت متعدد المسار غلاف الحامل في منظومة اتصالات متنقلة. لهذا يجب أن لا يتم تعديل المعلومات على الغلاف. مع ذلك إن التعديل QAM تعديل كفو الطيف. في نوع التعديل 16 QAM يمكن تمثيل كل أربعة بتات بواحدة من ستة عشر حالة في إشارة الإرسال، لهذا يختزل عرض النطاق الترددي المطلوب لكل قناة وبالتالي يزيد عدد أقتية الخدمة وتزداد بالنتيجة السعة الراديوية. وبالرغم من ذلك علينا أن نتأكد بأن التعديل QAM تعديل ملائم في وسط الإرسال قيد الاهتمام. إذا كان مستوى التداخل حول كل حالة من حالات الـ 16 QAM عالياً فإنه لا يمكن كشف الحالة بصورة صحيحة وتظهر عندئذ الأخطاء/10/ لهذا فإن اختيار الـ 16 QAM يجب أن يتم بحذر.

### 3.11.3 الموديم OFDM/11/

إن تنضيد تقسيم التردد التعامدي (OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing) تقانة تعديل ترسل بها رموز المعلومات على التوازي عن طريق تطبيقها لعدد كبير من الحوامل الفرعية المتعامدة (المستقلة) (أشكال موجات). إن الميزة الجذابة في استخدام الـ (OFDM) هي بإمكانية التعبير عن التعديل في مجال ترددات منفصلة محددة (discrete frequency domain) بعد اجتيازها عملية تحويل إنه تعديل كفو القدرة يكون فيه تناثر القدرة خارج عرض النطاق الترددي أقل.

المفهوم العام هو أن التعديل وحيد الجانب (SSB) هو دوماً تعديل كفو الطيف للكلام. إلا أنه غير مناسب لمخطط تعدد المسارات. في حالتنا هذه تكون رموز المعلومات مشاركة بين عدد كبير من الترددات المنفصلة. يحمل كل تردد فرعي بضعة رموز بدلاً عن حامل يحمل جميع الرموز. إن تأثير إرسال الرموز عبر خفوت متعدد المسار في حالة حامل فرعي بمعدل منخفض صغير جداً. لهذا فإن مردود الطيف للـ OFDM عال وبالتالي فإن السعة الراديوية تزداد.

## 12.3 الفوكودرات VOCODERS (الرمزات الصوتية)

الفوكودر عنصر رئيسي في المنظومة الرقمية. على الفوكودر في منظومة منتقلة أن يكون معيارياً. يعتمد انتقاء الفوكودر المناسب على نوع المنظومة الرقمية مثل TDMA, FDMA أو CDMA

### 1.12.3 الفوكودر RPE\*

طورت الـ GSM فوكودر تهيج نبضي منتظم (RPE: Regular Pulse Excitation) وهو فوكودر تمثيل - مقلّمي (a parametric-representation). تحول إشارة الكلام التمثالية في النطاق (4) كيلوهرتز إلى إشارة رقمية بسرعة (64) كيلوبت/ثانية ثم تحول للأذن لسرعة (13) كيلوبت/ثانية عبر فوكودر RPE. يسمح استخدام معدل (13) كيلوبت/ثانية بدلاً عن (64) كيلوبت/ثانية بإمرار معطيات الـ (13) كيلوبت/ثانية عبر قناة ضيقة النطاق. باعتبار أن الطيف الراديوي نفيس و محدود الموارد فإن استخدام عرض نطاق أقل يؤمن أقبية أكثر ضمن طيف راديوي معين.

الـ GSM منظومة TDMA وغط الإرسال غير المستمر هو المستخدم (DTX: Discontinuous transmission). يساوي طول الإطار (260) بتاً في كلام فعال مقابل مدة (20) ميلي ثانية كلامية كما يساوي لـ (260) بتاً مقابل مدة (480) ميلي ثانية كلامية غير فعالة (24 مرة أطول من النمط العادي)

### 2.12.3 فوكودر كلامي VSELP\*

الـ VSELP اختصار لـ: جمع شعاعي لتنبؤ خطي مهيج (Vector Sum Excited Linear Prediction) يستخدم هذا الفوكودر كتاب ترميز لتكميم إشارة التهيج (excitation signal) شعاعياً بحيث أن الحساب المطلوب لعمليات البحث بكتاب الترميز في المستقبل قابل للاختزال بشكل معتبر. تم استخدامه بالمنظومة (NA-TDMA) في أمريكا الشمالية.

\*. فوكودر RPE-LPC - فوكودر (13) كيلوبت للـ GSM

\*. VSELP (IS641/IS733) - الفوكودر (8) و (13) كيلوبت/ثانية لمنظومات الجيل الثاني الرقمية في

الولايات المتحدة واليابان

### 3.12.3 مَعْلَمٌ مُتَعَدِّلٌ مُكَيَّفٌ\* (AMR: Adaptive Multiple Rate)

الـ AMR فوكودر جديد يستخدم في منظومات الـ GSM. يحول الـ AMR إطاراً كلامياً بمدة عشرين ميلي ثانية إلى متوسط من ثمانين بتاً. يتم إدخال هذه البتات في التوافذ الزمنية المقابلة. إن معدلات الفوكودر AMR بالزمن الحقيقي (real-time) متعددة عند إرسال الصوت وتعتمد على صورة (profile) - وضعية - الصوت. إن المعدل الوسطي للفوكودر هو (4) كيلوبت/ثانية وهو نصف المعدل الحالي المساوي لـ (8) كيلوبت/ثانية. ينخفض معدل الفوكودر إلى النصف وتتضاعف سعة القناة الصوتية. طور الفوكودر AMR لأجل منظومة الـ TDMA. إن النمط DTX مشمول أيضاً، ومن الواجب اختبار معرفته صلاحيته لمنظومة الـ CDMA. إن الـ AMR غير مكيف لمستوى متبدل من فعالية الصوت أيضاً.

### 4.12.3 مُرَمَزٌ بِمَعْلَمٍ مُتَبَدِّلٍ مُخَصَّنٌ EVRC (Enhanced Variable Rate Coder)\*

يستخدم الـ EVRC من أجل منظومات الـ Cdma One نظراً لأن الجودة الكلامية للـ (8) كيلوبت/ثانية للفوكودر (VSELP) غير مرغوبة. يبدل الـ EVRC معدله اعتماداً على الصورة الكلامية (speech profile) ومستوى ضجيج المحيط. إنه مناسب للـ CDMA.

### 5.12.3 فوكودر انتقالي النمط\* (SMV: Selective Mode Vocoder)

يمكن استخدام الفوكودر (SMV) لخدمات مختلفة المرتبة. وهو يختلف عن الفوكودرات أعلاه. تهدف جميع الفوكودرات المألوفة إلى أفضل جودة كلامية. يهدف هذا النوع من الفوكودر لخدمة متعددة المراتب حددت من قبل الزبائن. يمكن توفير عدد أكبر من الأقتية في هذه الحالة كما ويمكن زيادة السعة الراديوية أكثر. هناك تسعة فوكودرات SMV مرشحة. سيتم

---

\* (AMR) فوكودر جديد طور خصيصاً من قبل اريكسون ونوكيا GSM والمنظومة المتقدمة

\*. المعيار الموقت للـ EIA (IS-127) لأجل الفوكودر (EVRC)

\*. SMV (فوكودر انتقالي النمط) - نوع من الفوكودر مطور من قبل (Lucent) و (Conexant) ... الخ

\*. المعيار الموقت (IS - 127) للـ EIA لأجل الفوكودر EVRC.

اختيار أفضلها أداءً وسوسل إلى الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

### 6.12.3 فوكودر جيل ثالث مشترك

عند تطوير منظومة الجيل الثالث 3G من المهم أن يكون لها فوكودر عام واحد جيل ثالث (3G) وإلا فإن على فوكودر A في المنظومة A أن يتحول لفوكودر B في المنظومة B. في وضعية التحوال (roaming) لا يمكن للفوكودر B العمل مع المنظومة A حتى ولو كانت المنظومتان (A) و (B) من نفس الجيل الثالث، لهذا فإن إيجاد فوكودر موحد أمر إلزامي. يضاف إلى ذلك إن المرمز الكلامي ومرمز الفيديو للجيل الثالث ضروريان.

### 13.3 منظومة معدل معطيات عالي (HDR: High Data Rate)

يمكن اليوم استخدام منظومة cdma One لإرسال معطيات عند معدل (14.4) كيلوبت/ثانية. لا يمكن للمعدل أن يكون أعلى نظراً لأن أقتية الحركة في حامل راديوي واحد هو (1.23 ميغاهرتز) سترسل معطيات وكلام. إن تحكم القدرة معد لموازنة استقبال إشارة متعددة لدى محطة القاعدة. لهذا السبب لا يمكن لقناة حركة أن ترسل معلومات أكثر من الأخرى. طورت منظومة دعيت بـ HDR لإرسال معطيات عالية السرعة من قبل Qualcomm وعرضت في تشرين الثاني (نوفمبر) لعام 1999 في سان دييغو. تلائم المنظومة تزايد حاجة ربط بروتوكول الانترنت اللاسلكي المتنبأ به مع مردود طيف عال. تخصص المنظومة حاملاً مكرساً أو أكثر (1.25) ميغاهرتز لحمل معطيات رزم بروتوكول الانترنت. تستخدم القناة المكرسة لإرسال معطيات عالية السرعة إلى مستخدمين مختلفين في أطر زمنية مختلفة وبمعدلات معطيات مختلفة. إن معدلات المعطيات المختلفة معتمدة على قياس القناة للنسبة (C/I). تستفيد جدولة إرسال الرزم من تنوع القناة (channel diversity) لمستخدمين متعددين. يتم تحصيل السرعة العالية باستخدام التقنيات التالية: [تنوؤ حالة قناة مكيفة من أجل الجدولة]؛ [معدل مكيف (adaptive rate)، وترميز، وتعديل]؛ [ترميز وفك ترميز توربينسي والذي يمكن لمعدل إرساله أن يصل لسعة شانون (shannon capacity)]؛ [تنوؤ معدل قناة مكيف سريع]؛ [تنوع هوائي متعدد المستعمل]؛ [مستقبلات تنوع (diversity]

\*. عرض الـ Qualcomm حول الـ HDR بتاريخ 4 تشرين الثاني (نوفمبر) عام 1999 في سان دييغو

(receivers، تستخدم الضم الأنسب (the optimum combination) وحذف التداخل]؛  
 [قدرة إرسال ثابتة ومعدل متبدل]؛ [لا سقف لبرمجة مناولة وصلة أمامية]؛ [لا تخصيص  
 ثابت للنوافذ الزمنية بالإرسال]؛ [تحسين تحكم نفاذ وسط (enhancing medium access  
 control)]. بتحقيق هذه التقانات في منظومة الـ(HDR) يمكن لأعلى معدل أن يكون (2.4)  
 ميغابت/ثانية. مع ذلك تستخدم أعلى سرعة على الغالب عندما تكون المحطة المتنقلة قريبة من  
 محطة القاعدة. يتم تخفيض معدل المعطيات عندما تبتعد المحطات المتنقلة عن محطة القاعدة،  
 يمكن إرسال تردد حامل واحد (1.25) ميغاهرتز بمعدل (2.4) ميغابت/ثانية وهو إنجاز كبير.  
 إنه ضوء متألّق لتطبيق الانترنت باستخدام شبكة لاسلكية.

### 14.3 وضوح، تغطية، سعة، نسبة (قدرة حامل/قدرة تداخل) $(C/I)_s$

الوضوح والتغطية والسعة والنسبة  $(C/I)_s$  أربعة مطالب بمثابة المفتاح للاتصالات  
 اللاسلكية وهي فاعلة بينياً (interactive) بصورة مشتركة لإرسال قدرة معطاة. التفاعل  
 البيئي (Interaction) هو:

الوضوح ↑	التغطية ↓	السعة ↓	$(C/I)_s$ ↑
التغطية ↑	الوضوح ↓	السعة ↓	$(C/I)_s$ ↓
السعة ↑	الوضوح ↓	التغطية ↓	$(C/I)_s$ ↓
$(C/I)_s$ ↑	الوضوح ↑	التغطية ↓	السعة ↓

لهذا وللإبقاء على سعة عالية وأيضاً المحافظة على جودة مقبولة (وضوح) تنفذ الخطوط  
 الدليلية لنشر منظومة خلوية كما يلي<sup>12/</sup>. نحول بصورة عامة المعاملات الثلاث للـ Cs  
 الأخرى إلى  $(C/I)_s$  ونجد بأن  $(C/I)_s$  تحتاج لأن تكون باقية عند (18) ديسيبل من أجل  
 جودة كلام تماثلي. تُعرّف  $(C/I)_s$  هذه بالـ  $(C/I)$  المطلوبة للمنظومة، وليس الـ  $(C/I)$   
 المقاسة. لهذا السبب استخدمنا الـ  $(C/I)_s$  لتمييز الـ  $(C/I)$  المقاسة. مع  $(C/I)_s = 18$  ديسيبل  
 نستطيع أن نجد بأن نسبة فاصل الخلية D إلى نصف قطر الخلية R تصبح (4.6). يمكن أن نجد  
 من النسبة  $D/R = 4.6$  بأن الخليوي التماثلي هو تعريشة خلية - سباعي، أو لنقل  $K=7$ .  
 تدرج K لمعامل إعادة استخدام التردد. في المنظومات الرقمية ستكون  $(C/I)_s$  مختلفة  
 باختلاف المنظومات الرقمية. يمكن استخدام الوضوح لكلا الكلام (جودة) وللمعطيات

(الدفق through put). يبقى التفاعل البيني بين الـ (Cs) الأربعة قائماً.

### 15.3 مراجع

1. W. C. Y. Lee, "Spectrum Efficiency Digital Cellular," 38<sup>th</sup> *IEEE Vehicular Technology Conference Record*, Philadelphia, Pa., January 15-17, 1988, pp. 643-646.
2. FCC Public Notice, "Tutorial on Spectrum Efficiency-A Comparison between FM and SSB in Cellular Mobile Systems" by W. C. Y. Lee. August 2, 1985.
3. FCC Public Notice, "A Tutorial on the Future of Cellular Radio." W. C. Y. Lee delivered an earlier tutorial on "Cellular System Efficiency" followed by three presenters from three companies, Ericsson, AT&T, Bell Labs, and Motorola (joined at the time).
4. W. C. Y. Lee "Spectrum and Theory of Wireless Local Loop Systems" *IEEE Personal Comm.*, vol. 5, February 1998, pp. 49-54.
5. W. C. Y. Lee, "Mobile Communicating Engineering, Theory and Application," 2d ed., New York: McGraw-Hill, 1998, pp. 540-547.
6. W. C. Y. Lee, "Cellular Telephone System." U.S. patent 4,932,049, June 5, 1990.
7. W. C. Y. Lee, "Microcell System for Cellular Telephone Systems." U.S. patent 5,067,147 November 19, 1991.
8. W. C. Y. Lee, "An Optimum Solution for the Switching-Beam Antenna System," *Third Workshop on Smart Antenna in Wireless Mobile Communications, Conference Record*, Stanford University, July 25-26, 1996.
9. V. Tarokh, N. Seshadri, and A. R. Calderbank, "Space-Time Codes for High Data Rate Wireless Communication: Performance Criterion and Code Construction," *IEEE Trans. on Information Theory*, vol. 44, no. 2, March 1998, pp. 744-764.
10. W. C. Y. Lee, "Mobile Communicating Engineering Theory and Applications," 2d ed., New York: McGraw-Hill, 1998, p. 305
11. W. C. Y. Lee, "Mobile Communication Engineering, Theory and Application," 2d ed., New York: McGraw-Hill, 1998, pp. 306-309.
12. W. C. Y. Lee, "Future Vision for Wireless Communication," *Seventh IEEE International Symposium on Personal. Inbuilding, and Mobile Radio Communications (PIMRC '96)*, Taipie, Taiwan. ROC, October 15-18, 1996.





## عوامل هامة في اختيار منظومة رقمية جديدة

- 1.4 أسواق محفزة driving markets
- 2.4 كيفية تسريع تطوير منظومة رقمية جديدة
- 3.4 حجة غط مزدوج Dual- Mode
- 4.4 تعارض المصلحة بين مزودي الخدمة والباعة
- 5.4 مواصفات منظومة مفتوحة (open system interfaces)
- 6.4 كيفية تطوير معيار مواصفة جيدة
- 7.4 فشل الـ IS-54
- 8.4 دور الحكومة
- 9.4 النقاش في مؤتمر دنفر
- 10.4 نقاش حول انتقاء رموزات الصوت
- 11.4 جهود تآلف عالمية (Harmonization)
- 12.4 مراجعة تقانة الجيل الثالث 3G
- 13.4 قلق تطوير الـ 3G
- 14.4 مستقبل الاتصالات اللاسلكية فيما بعد الـ 3G
- 15.4 حلم تطوير الجيل الرابع (4G)
- 16.4 مراجع

## 1.4 أسواق محفزة driving markets

تحتاج أنظمة الاتصال معرفة قيمة سوقها قبل مرحلة التطوير. إن عمليات مسح السوق هامة لأن مشغلي المنظومة بحاجة لمعرفة ما يحتاجه الزبائن. فمثلاً في عام 1987 شكلت لجنة الـ CTIA الفرعية لتقانة الراديو المتقدمة (ART) لانتقاء منظومة الجيل الثاني الرقمي اعتماداً على السعة. كانت طلبات الزبائن في عام 1987 المدرجة حسب تسلسل أهميتها هي:

1. تغطية جيدة
2. جودة كلامية جيدة
3. لا مكالمات مقطوعة (Drop-cells)
4. كلفة منخفضة
5. صغر الأجهزة المحمولة باليد

سألت ARTS شركة استشارية لبيان هل الخدمة للمعطيات سوق أم لا.

انتقدت ARTS واحدة هي (BAH: Booth-Alan-Hamilton) من ثلاث شركات تسويق استشارية اعتماداً على زمن التسليم والكلفة. كانت عينات الزبائن المختارة حاسمة لنتائج المسح. وكان استنتاج BAH بأن اهتمام الزبائن لا يزال بالكلام فقط وليس بالمعطيات لذا لم تكن خدمة المعطيات للجيل الثاني مطلباً. اتخذت (ARTS) اعتماداً على هذه النتيجة القرارات التالية:

1. يجب على المنظومة الرقمية عالية السعة أن تكون منتشرة بالسوق بحلول عام 1990.
2. يجب أن تكون سعة المنظومة الرقمية عشرة أمثال السعة الحالية للمنظومة AMPS.
3. لم تكن هناك حاجة لمطلب خدمة المعطيات.

احتاج بعد ذلك المشغلون التركيز على الخدمات الكلامية فقط. غدت فيما بعد خدمات الرسالة (message) القصيرة (SMS) ساخنة وأمكن التعامل بها بدلات الدارة (Circuit Switches). لم تجذب خدمة المعطيات الانتباه حتى التسعينات عندما بدأت الانترنت بالإقلاع. كان للاترنت في العام 1990 مائتي مليون مستخدم وكان للهليوي/خدمات الاتصال الشخصية (PCS: Personal Communication Service) 500 مليون مستخدم حول العالم. بحلول عام 2003 سيفوق عدد المستخدمين للهليوي LPCS المليار. ستصبح

خدمات المعطيات اللاسلكية حاجة ملحة في الأسواق القادمة. كما ستكون أسواق المستقبل في الانترنت اللاسلكية كما ستكون شبكة المستقبل اندماجاً بين شبكات اللاسلكي وشبكات نواة بروتوكول الانترنت IP.

## 2.4 كيفية تسريع تطوير منظومة رقمية جديدة

كان علينا معرفة قيود التطوير قبل أن تتمكن من تسريع برنامج التطوير. والتي كانت كما يلي:

1. لم تخصص الـ(FCC) في عام 1987 طيفاً جديداً لمنظومة رقمية محلية ومع ذلك كانت الـ(GSM) في أوروبا قد خصصت نطاقاً جديداً هو (935-960) ميغاهرتز (للوصلة النازلة) و(890-915) ميغاهرتز (للوصلة الصاعدة). إن تصميم منظومة في نطاق علوي (بكر) أسهل نسبياً من تصميم منظومة في نطاق ترددي فيه مشاركة.
  2. كان على المنظومة أن تكون منتشرة في السوق عام 1990 (وقت).
  3. أن تكون سعة الأتية الكلامية الرقمية عشرة أمثال سعة الـ AMPS القائمة.
- وقد سرّعت الاستراتيجيات التالية برنامج التطوير:

1. انتقاء منظومة رقمية مناسبة

أ- كانت محاسن انتقاء الـ(FDMA):

1. مجازفة أقل. لقد عرفت معظم الشركات الأمريكية واليابانية كيف تصنع تجهيزات الـ(FDMA).

2. تقصير زمن التطوير. يمكن الحصول على معلومات تصميم منظومة الـ(FDMA) من الـ(AMPS)، والتي هي الـ(FDMA) أيضاً.

3. تشارك في الموقع (Cosite)، إذا كانت النسبة (C/I) المطلوبة للمنظومة الجديدة مماثلة لتلك للمنظومة (AMPS)، فإن أبعاد الخلية للمنظومتين تكون واحدة. وبإمكان المنظومتين التشارك بمواقع خلاياهما.

ب- كان قلق انتقاء الـ(TDMA) هو:

1. لا يمكن للمنظومة (TDMA) أن تكون منظومة مثالية لتحصيل سعة عالية إذ إن زمن

الحماية بين النوافذ الزمنية يولد سقفاً إضافياً (Additional Overhead) ويجبر معدل الإرسال العالي الناتج من الـ (TDMA) أن يمتلك مسوياً (موازياً) (equalizer) وهو ليس جهازاً موثوقاً مع امتداد تأخير الزمن المفروض على معدل الإرسال السريع.

2. إن المنظومة (AMPS) منظومة (FDMA) لا يمكنها التعايش مع منظومة (TDMA) بسهولة. إن تقاسم الطيف حالة فريدة في الولايات المتحدة.

2. سرع برنامج التطوير ما يلي:

أ- استخدام وحدة متنقلة بنمطين. للوحدة المتنقلة كلاً من غط الـ (AMPS) والنمط الرقمي. عندئذ يمكن للمنظومات الرقمية أن تنتشر في مساحات بقعية (Spot Area) ويمكن للـ (AMPS) تغطية الباقي. تسهل هذه الترتيبة كامل مساحة السوق الخليوي قبل البدء بالتشغيل.

ب- مشاركة أقتية تحكم الـ (AMPS) في المنظومة الرقمية. يمكن لأقتية التحكم أن تكون متشاركة بسبب استخدام هاتف متنقل بنمطين. لا داعي للمنظومة الرقمية أن تطور أقتية تحكم جديدة لها. كان هذا توفيراً عظيماً للوقت.

ج- لا داعي لتطوير أقتية المعطيات (إرسال) اعتماداً على مسح التسويق. وكانت التوصيات لطيفة المعايير TIA كما يلي:

1. تطوير المرحلة الأولى I: تاريخ الإنتهاء كان في 1990

أ- مشاركة أقتية تحكم الـ AMPS

ب- للكلام فقط

2. تطوير المرحلة الثانية II: يجب تحديد تاريخ الانتهاء

أ- تطوير أقتية تحكم رقمية

ب- للكلام والمعطيات

### 3.4 حجة نمط مزدوج Dual-Mode /1

اقترحت الوحدة المتنقلة بنمطين لأول مرة من قبل (W. Lee) لدى (ARTS). إن للوحدة المتنقلة نمط منظومة الـ (AMPS) ونمط المنظومة الرقمية في المرحلة الأولى للتطوير. كانت

الميزة في الحصول على هاتف بنمط مزدوج هو في إعطاء مقدمي الخدمة إمكانية نشر المنظومة الرقمية في السوق أبكر كثيراً بدلاً من انتظار أن يكون كامل السوق قد نشر منظومة رقمية كلية. أيضاً، إن أفضية تحكم الـ AMPS قادرة على مشاركة المنظومة الرقمية بهاتف ذي نمطين. أمكن بهذا توفير مقدار كبير من الوقت في تصميم قناة تحكم، خاصة إذا لم يقترح هاتف النمطين. لكن كان هناك فريقان ضد هذا الاقتراح منذ البداية:

1. كانت حجة مقدمي خدمة *RSA* (Rural Service Area) أنهم لم يكونوا بحاجة لمنظومة رقمية لسوقهم على اعتبار وجود وفرة من السعة من المنظومة التماثلية لديهم. استعانت ARTS بالحجج التالية لصالح النمط المزدوج:

أ- كانت المنظومة الرقمية مطلوبة للتعامل مع المناطق السكانية الإحصائية (MSA: Metropolitan Statistical Area)\* والأهمية المعتمدة على السكان كانت بزيادة مطرد من \$15/POP في عام 1985 إلى \$32/POP عام 1986 إلى \$70/POP عام 1987. بالحقبة لم يكن بمقدور RSA في ذلك الوقت كسب مال بتسيير المنظومة. عرفت (ARTS) بأن نمو الأسواق الخليوية السريع سيزيد قيمة كافة الأسواق الخليوية بما فيه RSA، حالما أدخلت منظومة رقمية لتعزيز السوق الخليوية. ليس للمنظومة الخليوية متسع للتعامل مع نمو السعة وسوف تعاني أسواق الخليوي بدون منظومة رقمية جديدة.

ب- بالنمط المزدوج، كان بإمكان الزبائن المستخدمين للهواتف الرقمية في (MSA) أن يستمروا بالتحوال إلى (RSA) هواتف تماثلية. استطاعت هذه الميزة إطلاق صاروخ عائلات التحوال.

2. البائعون Vendors: خلال الثمانينيات، مرت ARTS بوقت عصيب في إقناع البائعين امتلاك هواتف بنمطين. كانت حجة البائعين:

- أ- إن صنع هاتف رقمي بنمط وحيد أبسط.  
ب- ستكون كلفة الهاتف مزدوج النمط أعلى ولن يكون بمقدور الزبائن تحمل شرائها.

---

\* المناطق السكانية (الحضرية)

ج- إذا تواصل صنع هاتف الـ (AMPS) للفرد النمط فمن سيشتري الهاتف مزدوج النمط.

كانت توصيات (ARTS):

1. يحتاج مزودوا الخدمة لهواتف مزدوجة النمط فقط لمساحات ذات مكالمات كثيفة بحيث يكون بالإمكان نشر المنظومة الرقمية بشكل أسرع.
2. سيكون الباعة ملزمين بصنع هواتف مزدوجة النمط إلى حين في المستقبل.
3. نظراً لأنه من الممكن أن تكون كلفة الهواتف مزدوجة النمط عالية فسيكون مزودو الخدمة راغبون في دعم كلفة الهواتف الجديدة. استطاع مزودو الخدمة تخفيض العمولة المدفوعة للتجار. في عام 1986 دفعت شركة (Bell South) مبلغ (800) دولاراً عن كل زبون أمكن لتاجر جلبه. استطاع ما تم ادخاره من تخفيض العمولة دعم كلفة الهواتف الجديدة. كانت التقانة تتقدم بسرعة. قاوم الباعة الحصول على هواتف مزدوجة النمط، لكن تفضيلهم للأجهزة المحمولة والمتنقلة ذات النطاق الواحد كان يعتمد على خوفهم من التقانة والكلفة في عام 1987. من كان يظن في عام 1987 بأن الهاتف اليدوي مزدوج النمط وثلاثي النطاق الترددي سيظهر في السوق عام 1999؟

#### 4.4 تعارض المصلحة بين مزودي الخدمة والباعة

هناك تعارض دوماً في المصلحة بين مزودي الخدمة والباعة<sup>2/</sup>. عند تطوير منظومة جديدة. يطلب مزود الخدمة الحصول على منظومة رقمية لتغطية مساحة كبيرة ببضع محطات قاعدة لأن بإمكان كل محطة قاعدة توفير عدد كبير من الأقنية. يمكن للشبكة أن تكون ذكية أيضاً بحيث تنفذ مزاياء عديدة جديدة بسرعة دون إضافة على الكلفة. من ناحية أخرى يريد الباعة بيع محطات قاعدة أكثر لمزودي الخدمة. لهذا السبب يحاول الباعة إقناع مزودي الخدمة وضع جميع محطات القاعدة أقرب من بعضها بدلاً عن تحسين جزء البرمجة الذي لا يفيدهم مادياً كثيراً إذا كانت الجودة الكلامية في المنظومة ليست جيدة. يمكن بهذه الطريقة لإشارة المحطة المتنقلة أن تكون أقوى وأن تكون الجودة الكلامية أحسن.

لم يكن لمزودي المنظومة يستمعوا إلى طلب الباعة لشراء مزيد من محطات القاعدة، إلا أنه

لم يكن لديهم خيار بسبب اضطرابهم لتحقيق طلبات المشتركين. لهذا السبب ينبغي، في أي حالة تطوير لمنظومة جديدة، على مزودي الخدمة أن يكونوا في مقعد القيادة. فهم من يتحمل مجازفة تلبية حاجات الزبائن وهم من جانب آخر من عليه أن يعلم ما هو السعر الذي يرغب الزبائن في دفعه للحصول على ما يريدون. إذ اعتماداً على كلفة الخدمة سيدفع الزبائن. يحدد مزودو الخدمة ما إذا كان باستطاعتهم الطلب من الباعة تسليم التجهيزات بالمزايا والجودة المطلوبتين. سوف يختار الباعة بدون قيادة مزودي الخدمة تقانة اعتماداً على تقانة لهم حق ملكيتها (IPR: Intellectual Property Right) الفكرية أو يحاولوا تجنب تقانات جيدة أخرى بسبب أطراف آخرين لهم حق ملكيتها الفكرية (IPR)، وهذه تتضمن في بعض الأحيان مجازفة إضافية ووقتاً أكبر في التطوير أو مزيداً من كلفة تصنيع المنتج. بصورة عامة قد لا يهتم الباعة بكلفة تصنيع التجهيزات إذا اختبرت لتكون تجهيزات معيارية. في جميع الأحوال سيشتري مزود الخدمة التجهيزات المعيارية. من المحتمل أيضاً أن لا يُكتشف أداء تجهيزات الاتصالات اللاسلكية الجديدة إلا حين وصول حركة المكالمة (call traffic) خلال عام أو ما شابه إلى مستوى غير مقبول. سيكون من المتأخر جداً تبديل هذه التجهيزات ولهذا السبب يمكن للباعة بيع منظومة مطورة حديثة لمزود خدمة بوعود كثيرة قبل نشر المنظومة. عندما يدرك مزود خدمة بأن أداء التجهيزات غير مقبول، فمن المحتمل أن يكون لذلك منعكس على التجهيزات للتو وسيكون عندها من الصعب جداً عليهم الانتقال من بائع تجهيزات إلى آخر. من المهم جداً انتقاء منظومة مطورة جديدة من بائع شريف متميز بالجودة (quality-oriented). سيستمر الشعور بضرر شراء منظومة ذات جودة متدنية، رخيصة الثمن على المدى الطويل. يرغب بعض الباعة الاستماع لاقتراحات وطلبات المشغلين بعد أن تكون التجهيزات قد ركبت وتؤدي عملها وفقاً لذلك بسرعة كبيرة. إن هؤلاء الباعة مفضلين لدى للمشغلين.

#### 5.4 مواصفات منظومة مفتوحة (Open System Interface)

يوجد في مواصفات الـ GSM مواصفات هوائية مشتركة (Air Interfaces) (بين المحطة المتنقلة ومحطة إرسال القاعدة) (BTS: Base Transmission Station) تدعى (Um)

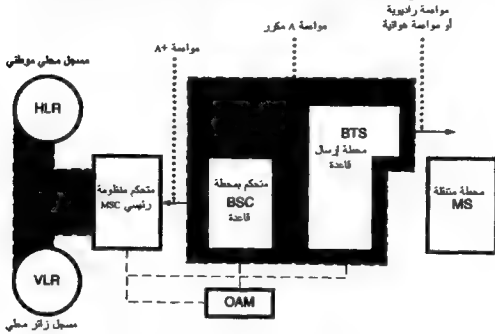
(interface، كذلك للموازمة A بين الـBTS والمتحكم بمحطة القاعدة (BSC: Base Station Controller) وكذلك الموازمة A+ بين الـBSC ومتحكم المنظومة الرئيسي (MSC: Main System Controller) كما هو مبين في الشكل رقم (1.4). بسبب مواعمت المنظومة المفتوحة هذه يمكن لمزود خدمة أن يشتري من مصنع (أ) محطات BTS وربطها مع محطات BSC للمصنع (ب) وربط الأخيرة مع محطات (MSC) لمصنع (ج). تفتح مواعمت المنظومة المفتوحة هذه منافسة عادلة بين الباعة وتعطي مزودي الخدمة خيار التبدل من بائع تجهيزات إلى آخر اعتماداً على كلفتها وعلى جودتها. سيستفيد الزبائن النهائيون نتيجة ذلك من خدمة منخفضة الكلفة ومن مواعمت المنظومة المفتوحة، كما يمكن لأسواق خليوية ذات جودة أن تنمو بسرعة كبيرة. ربما كان هذا سبب نمو أسواق الـGSM بهذه السرعة. في الـ(AMPS) إن الموازمة الهوائية المشتركة هي الموازمة المعيارية (CAI: Common Air Interface) الوحيدة. لا يوجد لمنظومة الـAMPS موازمة (A) أو موازمة (A+) نظراً لأن الـAMPS كانت قد اخترعت من قبل الـAT&T في السبعينات منفردة، لم تفكر الـAT&T في ذلك الوقت أن هناك حاجة للحصول على موازمة (A) وموازمة (A+). فيما بعد قام القاضي Green، والمعين خصيصاً من قبل (DOJ) لتحرير الـAT&T، بحرامها من تشغيل سوق خليوية. باشرت شركات (RBOC: Regional Bell Operating Companies) السبعة الجدد تسيير الأسواق الخليوية إقليمياً واستخدموا تجهيزات الـAT&T. امتلكت الـAT&T أسباباً إضافية كي لا تجعل الموازمة (A) والموازمة (A+) معيارية. تنافس في الثمانينات باعة الخليوي غير الـAT&T مثل موتورولا، اريكسون، NEC، نورثون تيليكون بشكل قاس للدخول في أسواق مفتوحة (Start Up Markets). كانت استراتيجيتهم هي ربح أسواق مفتوحة بعبء منخفض السعر. حالما انتشرت تجهيزات لبائع (أ) في السوق، فإن السوق سيكون سوق تجهيزات البائع (أ) مستقبلاً.

عندما قدمت المنظومة الرقمية الجديدة شعر جميع الباعة الرهيبون بأن مواعمت المنظومة المفتوحة لن تفيد من وجهة نظر تجارهم وبالأحرى فقد خافوا من أن عديداً من صغار الباعة قد يتحرّون على منافستهم وإحلال عناصر تجهيزاتهم. لهذا فقد قاوموا سياسة الموازمة للمنظومة المفتوحة هذه.



## 6.4 كيفية تطوير معيار مواصفة جيدة How to develop a good standard specification

قبل الثمانينيات كانت المواصفات المعيارية تكتب بعناية لجميع المنظومات المطورة حديثاً للتأكد من أن تجهيزات المنظومة المصنعة اعتماداً على المواصفة المعيارية ستكون قابلة للتشغيل ميدانياً دون أي مراجعة رئيسية بعد وضعها موضع التشغيل بوقت قصير. لذا يفضل الباعة تصنيع تجهيزات منظومة جديدة بسرعة ما أمكن للاستحواذ على حصة السوق بعد أن يكون إنتاجهم جاهزاً للبيع دونما قلق من إصدار مراجعات للمعيار (standard revisions).



الشكل 1.4: تركيب وظيفي ومواصفات أساسية

فعلى سبيل المثال، حررت مواصفة الـ AMPS عام 1979 بعد (15) عاماً في مرحلة التطوير مروراً بالبحث وتصميم المنظومة وتصميم البنية إلى التطوير التجاري (Commercial Development). احتاج كل مَعْلَم رئيسي (Key Parameter) لأن يعاد تحسينه من أجل أفضل تشغيل للمنظومة. استغرق إقرار عدد مرات التكرار (repeats) للمناولة على الوصلة الأمامية ستة أشهر (أنظر المقطع 7.2). أجري اختبار شامل في شيكاغو/3/ لستة عشر محطة قاعدة وألفي وحدة متنقلة (زيادت فيما بعد خمسة آلاف وحدة

متنقلة). بدلت المواصفة الأولية اعتماداً على عدة تصويبات خلال التجربة. عندما أعدت المواصفة النهائية أصبحت معياراً. بطل استخدام جميع محطات الاختبار الخمسة آلاف التي كانت قيد التشغيل في منظومة الاختبار. كانت AT&T راغبة في السبعينيات في صرف كمية ضخمة من المال من أجل منظومة مميزة. لا توجد شركة من المحتمل أن تفعل الشيء نفسه مستقبلاً.

في الثمانينيات نفذ معيار للمنظومة الجديدة من قبل هيئة المعايير (Standards Body). استخدمت أوروبا منظومة الاتصالات المتنقلة العامة (UMTS: Universal Mobile Telecommunication System) واستخدمت الولايات المتحدة الـ (TIA) (Telecommunication Industry Association). شكلت هيئة المعايير من باعة ومشغلين وجامعات كثر مختلفة. ضمن الاهتمام الشخصي لكل عضو بأن المنظومة الجديدة هي ما ترضي معظمهم وليس بالضرورة أن تكون أفضل منظومة. لا يوجد شركة مفردة كانت مستعدة لصرف المال لإجراء عدد كبير من التجارب. ليس بإمكان استخدام عدد صغير من محطات القاعدة والوحدات المتنقلة أثناء اختبار منظومة مطورة جديدة أن يجد النواحي القاتلة للمنظومة لأن الاختبار ذا المقياس الصغير غير قادر على تزويد حالات السعة الكبيرة (High Capacity Conditions). كان هذا سبب ما مرت به الـ GSM بخمس وثلاثين مراجعة بسبب اختبارها بمقياس صغير قبل أن تتمكن من العمل كمنظومة تجارية. إن كتابة مواصفة أولاً ثم إجراء مراجعات لها فيما بعد ليست المزاولة الأفضل. لكن علينا أن نتبنى نموذج تطوير الـ GSM والذهاب عبر عدة مراجعات قبل تطوير مواصفة معيارية بسبب عدم وجود مؤسسات قوية (مثل AT&T في الماضي) ترغب في إنفاق المال وتحلّي بالصبر الكافي لتطوير منظومة مصممة جيداً لا تحتاج لأي مراجعات حرجية.

على مزودي الخدمة الجلوس في مقعد القيادة بغض النظر عن أسلوب التطوير وعليهم أن يضعوا المتطلبات للمنظومات الجديدة بحيث يتمكن الباعة من تصميم وتنفيذ التجهيزات تبعاً لذلك.

## 7.4 فشل الـ (IS-54)

في عام 1989 طورت مجموعة مهندسي شركة تعمل تحت إمرة (John Stupka) رئيس اللجنة الفنية لـ (CTIA) (The Cellular Telecommunication Industry Association) مواصفة TDMA لأمريكا الشمالية. احتاج الأمر جمع معلومات تجريبية لتصميم منظومة (TDMA) عالية السعة قبل كتابة مواصفة الـ (TDMA). لسوء الحظ أدرك الطاقم بأن لا وقت كافياً لجمع المعطيات التجريبية عندما وضعوا تاريخاً محدداً لانتهاؤ من المواصفة. تحتاج كتابة مواصفة جودة منظومة لجهود مختلفة لطاقم متمرس الخبرة انغمس في كتابة مواصفة سابقة وتحتاج أيضاً لمهندسين جدد لديهم معلومات عن تقانات منظومة جديدة. يتطلب الأمر قياس قيمة كل معلّم (values of each parameter) وأن يحاكي (simulated) وأن يحدد بالاختبار أو المصادقة عليه (validated). بإمكاننا تسريع العملية لكننا لا نستطيع الاندفاع بعملیات التطوير. لا تنطبق معظم معطيات تصميم منظومة ثنائية و (FDMA) على تلك لمنظومة تعمل بنمط الـ (TDMA). استطاع المهندسون عندما جُمعوا في فندق لكتابة مواصفة الـ TDMA تقدير معظم قيم معلّم ما اعتماداً على منظومة الـ (GSM) والسبب أن الـ GSM منظومة TDMA. مع ذلك لم تكن الـ (GSM) للمنظومة عالية السعة التسي أرادتها المجموعة للتصميم. استكملت مواصفة TDMA الرقمية لشمال أمريكا خلال أربعة أشهر. ربما أقصر وقت بالتاريخ - ذهبت المواصفة إلى هيئة المعايير (TIA) وخصص لها الرقم (IS-54). عدلت فيما بعد المواصفة (IS-54) بسبب تبديلات رئيسية كانت الحاجة إليها. تم تبديل (IS-54) إلى (IS-136)/5/. إن (IS-136) مواصفة منظومة قابلة للتشغيل على الأقل.

## 8.4 دور الحكومة

مع تطور الاتصالات السريعة في الصناعة الخليوية على الحكومة أن تلعب دوراً رئيسياً في توجيه صناعة الخليوي بالاتجاه الصحيح.

### 1.8.4 سياسة المزاد العلني (auction policy)

ادعت الحكومة في تبني سياسة المزاد العلني عام 1996 أن الوضعيات غير المريحة

التي حدثت خلال فترة سياسة الحظ (اليانصيب) بالأعوام ما بين 1983 - 1989 قد تم تصحيحها. كمثال ربحت ربات منزل وأطباء بشريون اليانصيب ثم أعادوا بيع التراخيص التي كسبوها بربح معتبر. إن سياسة اليانصيب سيئة، يضاف لذلك أن لا دولة أخرى أتبع سياسة الولايات المتحدة بأسلوب اليانصيب فلماذا لا تتم العودة إلى أسلوب الانتقاء السابق حيث كانت تنتقى التراخيص اعتماداً على ثلاثة متطلبات: التنافس التقني، للقدرة المالية، وخدمة جيدة لمصلحة الجمهور؟ كانت جميع الدول المتقدمة الأخرى تتبع هذه الطريقة في منظومات الجيل الثاني.

قد تكون سياسة المزاد العلني خلقت قضايا خلافات. إن الطيف مثل الهواء - سلعة عامة. سيموت الناس إذا لوثنا الهواء. ستموت الاتصالات اللاسلكية إذا لوثنا الطيف. يجب أن يكون للحكومة قواعد تحمي (الهواء النظيف) و(الطيف غير المتداخل) لكن الحكومة لا تملك الهواء كما لا تملك الطيف. في عام 1996 باعت الحكومة طيفاً غير مملوك وحقت دخلاً من خلال عمليات المزاد، مما يعني نقل ملكية طيف غير مملوك إلى القطاع الخاص. باعتبار أن الحكومة غدت مركز ربح، لم يعد لها سلطة مقاضاة زبائنها رابحي المزاد. إن الرابحين قادرون على بيع جزء من طيفهم للآخرين مرة أخرى. فُقدت سلطة FCC في كونها منسق طيف بين مشغلي الأنظمة.

يمكن لرابحي المزاد مستقبلاً إما تجيير قيمة المزاد إلى مستخدميه لحماية (end users) أو تقديم خدمة هزيلة. يمكن لرابحي المزاد لوم الحكومة دائماً في وضع مثل هذا العبء (قيمة المزاد) على عاتقهم قبل توظيف رأس المال في التجارة المرخصة. كان هذا هو السبب في تفضيل الدول المتقدمة تأجيل فرض ضريبة على مزودي الخدمة إلى حين تقدير الربح الذي تم كسبه. ربما وضع المزاد من رُخصّص لهم تحت ضغط مالي أعظم أو دفع بهم نحو الإفلاس كما حصل لمزاد (PCS) بالنطاق C. قبضت الحكومة في مزاد (PCS) بالناطقين (A) و(B) سبعة مليارات دولار من كامل طيف قدره ستون ميغا هيرتز. كان التسديد لهذين المزادين كاملاً لمرة واحدة. تبدلت سياسة الدفع في مزاد النطاق C. كان بمقدور الرابحين دفع رسوم المزاد ومبلغاً كدفعة أولى وتقسيم الباقي على ثلاث إلى خمس سنوات. كانت أسعار العطاء عالية جداً بسبب ميزة تأخير الدفع. قبضت الحكومة حوالي عشرة مليارات دولار من طيف قدره

ثلاثون ميغا هيرتز تقريباً ولم يمض وقت طويل بعد المزاد علنت Gateway الإفلاس. ثم لحقت بها Nextwave. تبين هذا أن أعمالاً كثيرة تقامر على المستقبل. كانت النتيجة أن خسر كثير من المستثمرين صغاراً أم كباراً، مالياً، ليس من إدارة أعمالهم ولكن من الطريقة الماهرة التي لعبتها الحكومة في الاستيلاء عليه.

من وجهة نظر أخرى، حركت سياسة المزاد الاقتصاد وخلقت أعمالاً أكثر وفرص تفتاة أعلى. لهذا السبب وبصورة عامة إن سياسة المزاد قد لا تكون سيئة للدول النامية. تستلم الحكومة في الدول النامية مال المزاد، يأتي جزء كبير منه من مستثمرين أجانب. إلا أن على تجهيزات البنية التحتية أن تُشتري من الدول الأجنبية. ستكون كلفة الخدمات عالية. ما لم يكن متوسط دخل الأسرة عالياً، قد تحتاج الحكومة إلى أن تجد طريقة لاستخدام مال المزاد بحكمة لتحريك الاقتصاد.

إذا ظنت الحكومة بأن مال المزاد يأتي بدون عن، فهي مخطئة، على الحكومة أن تكون حذرة في أن لا تستخدم مال المزاد قبل بناء المنظومات المرخصة. ربما يطلب رجال الأعمال من الحكومة إعادة مال المزاد إذا لم تكن تجارتهم تسير سيئاً حسناً. تُذكر، لا يمكن أن تكون الحكومة أبداً مركزاً لتحقيق الربح. بالرغم من ذلك اقتضت الدول الأوروبية حالياً ما يناسب هذا الوقت من أجل تراخيص الجيل الثالث. لقد قبضت الحكومة البريطانية مبلغاً وقدره (35) مليار دولار من مزاد لطيف (120) ميغا هيرتز

## 2.8.4 وضع معيار وتنسيق طيف

### STANDARD SETTING AND SPECTRUM COORDINATION

لم تكن FCC تريد في أن تكون متورطة بوضع المعايير في السنوات الماضية. كان في الـ(PCS) ذات النطاق العريض أربع منظومات وستة نطاقات مرخصة في الأسواق. كان هذا يعني أن بالإمكان تشغيل أي من إحدى المنظومات الأربعة في أحد النطاقات الترددية الستة في مساحة خدمة واحدة أي في نفس المساحة الجغرافية. والنتائج هي كما يلي:

1. سيقلق مزود الخدمة من تدخلات المنظومات الأخرى في مساحة واحدة. كانت في الماضي تُعابر منظومة واحدة للخدمة واحدة. فمثلاً استعملت الـAMPS للخدمة الهاتف الخليوي

بالولايات المتحدة. أمكن تشغيل عدة منظومات بنفس الخدمة للمرة الأولى عام 1992، هكذا لم يكن بالمستطاع التقيد بقواعد تنسيق الطيف القديمة أو دعمها.

2. سيدفع المستخدمون النهائيون (end users) سعراً عالياً إذا أنتج مصنعو الطرفيات كمية أقل للاستخدام في منظومة من المنظومات الأربعة. طبعاً إن ميزة التجوال غير ممكنة العمل بين الأنظمة الأربعة.

3. ربما أن الـ FCC غير قادرة على حل النزاعات المتعلقة بتداخل الطيف بين مختلف مزودي الخدمة. لقد أفستت عملية المزاد في ذلك الحين سلطة الـ FCC في كونها منسق للطيف.

بدون الـ FCC ككيان فعال في ضبط استخدام الطيف، فإن مستقبل الاتصالات اللاسلكية سيكون في حالة مشاهة لمركبات تغلق تقاطعاً في إزدحام شبكي معطل للسير (gird lock).

#### 3.8.4 المخاطرة في منظومة مطورة حديثاً

هناك مخاطرة كبيرة في تطوير منظومة حديثة. سيمضي مزودي الخدمة والباعة عبر منحني تعليمي. لهذا السبب إذا برهنت إحدى المنظومات على أنها قابلة للتشغيل وتحقق الحاجة، فيجب تبني هذه المنظومة لخدمات كثيرة، مثل الخليوي، PCS والساتلية المتنقلة والـ (Wireless Local Links) (WLL). بعد ذلك يمكن للمستخدم النهائي استخدام طرفية للتشغيل على عدة خدمات متنوعة.

#### 9.4 النقاش في مؤتمر دنفر

في آب أغسطس عام 1987، تماماً بعد اكتمال عرض منظومتني (أنظر المقطع 7.3) FDMA و TDMA، عقد مؤتمر نقاش في دنفر، كولورادو. كان هناك طاقما مناقشة ضم الطاقم الأول AT&T وموتورولا، و NEC دفاعاً عن FDMA وضم الطاقم الثاني أريكسون ونورثون تيليكونم دفاعاً عن TDMA. لم يكن مسموحاً لمشغلي أن يكونوا ضمن طاقم النقاش، لكن كان باستطاعتهم الجلوس مهدوء مع جمهور المستمعين، ولم يكن مسموحاً لهم أيضاً طلب الكلام (No Floor). نُظِم للمؤتمر من قبل John Strupka. تم استحسان الـ

TDMA بناء على عرض سابق لنظومتين، FDMA و TDMA، في Los Santa Ana Angeles على الترتيب. وبالرغم من أنها لم تكن مقارنة عادلة، فإن النقاش لم يكن مختلفاً. أجري بعد النقاش مسح. كان لكل شركة صوت (Vote) حتى لو كانت الشركة مكونة من شخص واحد طالما أنها دفعت رسم الاشتراك وقدره (800) دولاراً، فقد كان باستطاعتها أن تكون عضواً في الـ (CTIA) وامتلاك صوت. لم يكن لبعض ممثلي الشركات علم بالتقانة وسألوا الشركات المتحالفة معهم فيما إذا كانوا يصوتون للـ TDMA أو FDMA. الجواب كان TDMA كانت النتيجة أن (16) صوتوا لصالح الـ FDMA و(37) صوتوا لصالح الـ (TDMA). لهذا أصبحت الـ TDMA منظومة الجيل الثاني الخليوية.

لم يكن التصويت على التقانة صحيحاً أبداً، فالتقانة يُبرهن عليها بالنظرية والأداء. لقد تم الرهان فيما بعد بأن التصويت على التقانة كان خطأً. وفقاً لما أدركناه فإن القضايا السياسية غير المميزة فيما إذا كانت صحيحة تماماً أم خاطئة تماماً تحتاج إلى عملية التصويت. إن الخطأ على وجه الخصوص هو عندما تكون عملية التصويت معتمدة على صوت لكل شركة سواء أكان لها (30.000) أو (300) أو (3) موظفاً. يمكن لهذه العملية أن تُساء إدارتها من قبل شركات لها مصلحة. بعض الشركات التي انضمت في آخر دقيقة لم تكن تعلم ماذا تعني الـ FDMA والـ TDMA تماماً لكنهم صوتوا عليها كيفما اتفق. كانت الشركات التي عرفت التقانة في ذلك الوقت هي أريكسون ونورتل و AT&T وموتورولا و NTT. شجع من هذه الخمسة الـ TDMA اثنتان هما أريكسون ونورتل بينما شجع الـ FDMA الثلاثة الباقون. لهذا كانت نتيجة التصويت أمراً مدهشاً.

#### 10.4 نقاش حول انتقاء مرمزات الصوت

##### DEBATE ABOUT SELECTING VOCODERS.

هناك عشرة ترشيحات لرمز صوت للمنظومة الرقمية لهمال أمريكا (الجيل الثاني 2G) أحيلت إلى هيئة المعايير. من بين العشرة كان مرمز صوت AT&T ورمز صوت موتورولا من عائلة التنبؤ الخطي المهيج بترميز (CELP: Code Excited Linear Prediction) بينما

استخدمت اريكسون ترميز تنبؤ خطي مهيج بنبضة منتظمة والذي كان مشابهاً لذلك المستخدم في منظومة GSM. RPE-LPC: Regular Pulse Excited Linear Prediction. (Code نظراً لأن عرض النطاق المكافئ للـ (TDMA) بشمال أمريكا كان (10) كيلوهرتز، كان على معدل الفوكودر أن يكون حوالي 8 كيلوبت/ثانية ليناسب عرض النطاق (10) كيلوهرتز. كان رمز الصوت (CELP) رمزاً صوتياً متقدماً ذلك الحين. السؤال من كان المؤهل لتقييم هذه الفوكودرات واختيار الفائز. لم يكن أحد يرغب بالاستمئانة بشركة تقييم أمريكية. المرشحون العشرة كانوا خائفين من اختلاف المصالح والتحيز من قبل شركات التقييم الأمريكية. اتجهوا إلى شركسي تقييم كندية (BNR: Bell Northern Research) وMPT. كانت هناك معايير كثيرة يستعين بها المستمعون في إعطاء الدرجة للفوكودر المرشح عند سرعات تنقل مختلفة من صفر إلى (60) ميلاً في الساعة ونحت حالات تعدد مسار (multi path) مختلفة. أعد كل مستمع ورقة علامة: باستخدام رقم استحقاق - دارة (CM: Circuit - Merit) لكل مرشح مبينة في الجدول التالي:

استحقاق - دارة	علامة	مقياس الجودة
5	5	تمتاز (الكلام مفهوم تماماً)
4	4	جيد (الكلام مفهوم بسهولة، بعض الضجيج)
3	3	مقبول (الكلام مفهوم مع جهد بسيط، احتاج الأمر للإعادة أحياناً)
2	2	ضعيف (الكلام مفهوم فقط بجهد كبير، احتاج الأمر لإعادة متكررة)
1	1	غير مقبول (الكلام غير مفهوم)

تم الحصول على علامات الـ (CM) الوسطية من جميع المستمعين. دعت العلامة الوسطية بعلامة الرأي الوسطي (MOS: Mean Opinion Score). تكون عادة علامة صوت المكالمة البعيدة (الخارجية) حوالي  $MOS \geq 4$ . لسوء الحظ كانت علامة فوكودر كل من AT&T وموتورولا أقل من 4، حوالي 3.3. كانت علامة موتورولا أعلى قليلاً من علامة (AT&T) اعتماداً على هذا التقييم للوضوعي، رغماً عن أن الفوكودر (CELP) كان قد طور بالبداية من قبل AT&T لهذا تم اختيار نموذج تنبؤ خطي مهيج بجمع شعاعي لموتورولا. قالت AT&T بعد ذلك أنها أرسلت نموذجاً خاطئاً لشركات التقييم. لكن لم يكن بالإمكان عكس النتيجة (VSELP: Vector Sum Excited Linear Prediction).



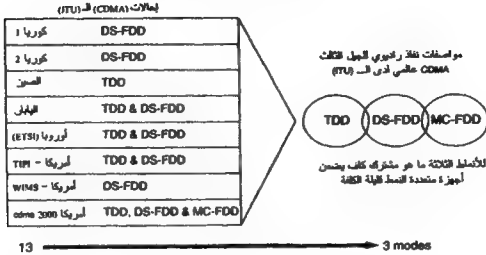
## 11.4 جهود تألف عالمية<sup>16</sup> (Global Harmonization Effort)

شكل طاقم الجيل العالمي الثالث (3G: global third generation) من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) في حزيران (يونيو) عام 1997. كانت الشركات الأمريكية في هذا الوقت تطور منظومة 3G دعيت بـ (cdma2000) وأحالتها إلى الاتحاد الدولي للاتصالات. درس معهد معايير الاتصالات الأوروبي (ETSI (European Telecommunication Standard Institute خمس منظومات مختلفة: TDMA/متزامنة، و TDMA/غير متزامنة، و CDMA، وتنفيذ تقسيم ترددي متعامد (OFDM) ونفاذ متعدد مساق بفرصة ODMA (Opportunity Driven Multiple Access). انتقت ETSI في عام 1988 البـ (CDMA) كاختيار لمنظومة البـ (3G). أحالت اريكسون و NTT نماذجهما لمنظومات البـ (3G) إلى الاتحاد الدولي للاتصالات. مثلت هذه العروض إسهاماً للأعضاء للناظرين لهم، أوروبيون ويابانيون على الترتيب. أحال أعضاء آخرون بالاتحاد الدولي عروضاً للاتحاد للمراجعة. بالنتيجة كان هناك ثلاثة عشر عرضاً محالاً كما هو مبين في الشكل (2.4)، من بينهم ثمانية عروض معتمدة على البـ (CDMA). كانت هذه العروض الثمانية متنافسة على معيار البـ 3G. بعض العروض من بين الثمانية كانت بنمط (Time Division Duplexing, TDD)، استخدم البعض النشر المباشر (DS: Direct Spread) والبعض الآخر متعدد الحامل (Multi Carrier). يبين الشكل رقم (3.4) الأنماط الثلاثة عشر.

الوصف	النفاذ	العرض	
اتصالات لاسلكية محسنة رقمية	TDMA	DECT	ETSI
اتصالات لاسلكية عامة	TDMA	UWC-136	TIA TR45.3
W-CDMA متعدد الوسائط لاسلكي وتبادل الرسائل	CDMA	WIMS	TIA TR46.1
CDMA تقسيم زمن متزامن	CDMA	TD-SCDMA	CATT (الصين)
CDMA عرضي النطاق	CDMA	W-CDMA	ARIB
CDMA تنابع مباشر متزامن	CDMA	CDMA I	TTA (كوريا)
CDMA تنابع مباشر غير متزامن	CDMA	CDMA II	TTA (كوريا)
CDMA نفاذ راديو أرضي عرضي النطاق لـ UMTS	CDMA	W-CDMA	ETSI
CDMA لأمريكا الشمالية عرضي النطاق	CDMA	WCDMA/NA	TIP1 - ATIS
CDMA تنابع مباشر عرضي النطاق ومتعدد الحامل	CDMA	cdma2000	TIA - TR45.5

الشكل 2.4: عشرة إحالات للـ ITU، ثمان منها معتمدة على CDMA عرضي النطاق.

رؤية معيار عالمي للمحملة هواء (Air Touch)  
نقطة رقم 1



الشكل 3.4: إحالات الـ CDMA للـ ITU

كانت طريقة المقاربة لثلاثة عشر نمطاً بهدف مقاربتها إلى نمط واحد مستحيلة في ذلك الوقت. لم يقبل أحد التنازل عن اقتراحه الأصلي. جرت بعد ذلك محاولة تألف ثلاثة عشر نمطاً إلى ثلاثة أساسية. شكلت هيئة مختصة بالموضوع (ad hoc) من مشغلين عالميين، سميت بمجموعة توافق (تألف) مشغل (OHG: Operator Harmonization Group) في تشرين أول (أكتوبر) 1998. استلم المشغلون القيادة وقاربوا الثلاثة عشر نمطاً إلى ثلاثة بعد مفاوضات عدة. وقد أدت اللقاءات الخمسة التالية إلى عملية التألف:

كانون الثاني (يناير) 1999: أول لقاء للـ (OHG) "تمت الموافقة على إطار عمل التألف" في بكين

آذار (مارس) 1999: لقاء الـ (OHG) الثاني في سان فرانسيسكو  
نيسان (أبريل) 1999: اللقاء الثالث للـ (OHG) "اتفاقية فنية على الخطوط العريضة" في لندن

أيار (مايو) 1999: لقاء الـ (OHG) الرابع في طوكيو  
أيار (مايو) 1999: لقاء الـ (OHG) الخامس "اتفاقية فنية نهائية" في تورنتو  
صلقت في 13 حزيران 1999 (يونيو) الاتفاقية الفنية للـ 3G لجهود تألف الـ (OHG).

الأغاط الثلاثة مبينة في الشكل رقم (4.4). وقد تمت تغطية التفاصيل في المقطع (2.7).

المصطلحات:

TDD: مزروجة تقسيم زمن  
TDM: تقسيم تقسيم زمن

FDD: مزروجة (Duplex) تقسيم تردد  
CDM: تقسيم تقسيم زمن

ISMT-2000

	FDD نشر مفاصل	FDD حامل متعدد	TDD
معدل تقطيع للشبة	3.84 Mcps مفاصل/ثانية	3.6864 Mcps/ 1.228 Mcps	3.84 Mcps/ 1.28 Mcps
دليل مشترك	CDM	CDM	TDM
دليل مكرس	TDM	CDM	TDM
ترميز	مكرر مكرر/مكرر	مكرر مكرر cdma 2000	مكرر

الشكل 4.4: اتفاقية تألف الجيل الثالث

## 12. 4 مراجعة تقانة الجيل الثالث 3G

بعد جهد التألف، كانت أربع مناطق قد توصلت إلى اتفاق.

### 1.12.4 معدل تقطيع الشبة كحل وسط (Compromised Chip Rate)

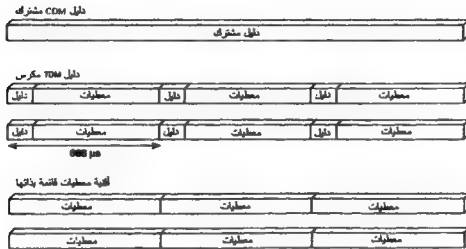
إن معدل تقطيع الشبة للـ (CDMA-DS) هو 3.84 Mcps ومعدل تقطيع الشبة لـ (CDMA-MC) هو 3.86 Mcps. من السهل الحصول على مرشح (Filter) بمعدلي تقطيع مختلفين مفصولين بدقة في كل نطاق (5) ميغاهرتز. ومع ذلك فإن المعدل (3.84 Mcps) غير منسجم (متلائم) (compatible) مع النمط MC و (cdmaOne).

في تشرين الثاني (نوفمبر) استحوذ نمط FDD بحامل متعدد على نموذج معدل تقطيع منخفض قدره 1.228 Mcps (1.25 ميغاهرتز) واستحوذ النمط (TDD) على معدل تقطيع منخفض قدره 1.28 Mcps (1.6 ميغاهرتز)، كان على كليهما أن يعايراً رسمياً.

### 2.12.4 بنية دليل Pilot Structure

إن بنية دليل مشترك للـ CDM في الـ (CDMA-DS) هي نفسها كما في

الـ (cdma2000). مع ذلك تستطيع بعض أقتية المعطيات حيازة إشارات دليل TDM مكرسة غصصة لمختلف المحطات المتقلة كما هو مبين في الشكل رقم (5.4). في الـ CDMA-MC، إن أدلة (جمع دليل) الـ CDM المكرسة هي إشارات دليل مساعدة مترافقة مع أقتية المعطيات كل على حدة، كما هو مبين في الشكل (6.4). تستخدم أدلة الـ CDM المكرسة هذه لتحديد هوية الحزم المتعددة في قطاع واحد لأجل تنفيذ الهوائي الذكي.



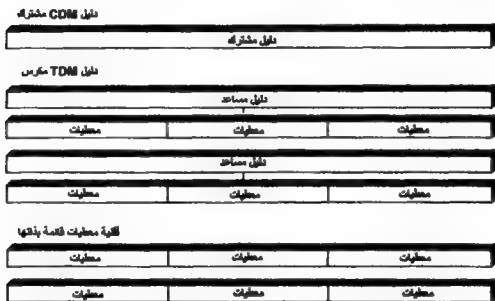
الشكل 5.4: بنية دليل نخط نشر مباشر (Direct - Spread)

#### 4. 3.12 البحث عن خلية Cell Search

البحث عن خلية بنمط حامل متعدد (MC: Multi Carrier): لنفترض بأن الخلية الحالية هي الخلية (أ). يوجد في الخلية -أ- رمز (تحديد هوية ID) خلية مشترك واحد. والذي يمكن أن ندعوه برمز بعثرة أو دليل وصلة نازلة (DL). يمكن استخدام نفس الرمز مع زمن تأخير لتعريف أو تحديد هوية خلية مختلفة كما هو مبين في الشكل رقم (7.4).

البحث عن خلية بنمط DS للعمل المتزامن: لنفترض أن الخلية الحالية هي الخلية (أ)، يوجد نوعان من أقتية التزامن في الخلية (أ)، قناة تزامن أولية (PSC: Primary Synchronization Channel) وقناة تزامن ثانوية (SSC: Secondary Synchronization Channel).

Channel مقيمة بكل نافذة (slot) زمنية. هناك خمس عشرة نافذة زمنية بكل مجموعة نوافذ (window) مدتها (10) ميلي ثانية كما هو مبين في الشكل (8.4). تستخدم الخمسة عشر نافذة زمنية هذه بكل قناة رمز تحديد هوية الخلية، والذي يمكن أن يكون رمز بعثرة الوصلة النازلة DL (0). بعد النفاذ الأولي، تكون علاقة التوقيت بين الخلايا المتجاورة معروفة. يمكن تطبيق إجراءات البحث نفسها عن عملية على غط الـ MC.



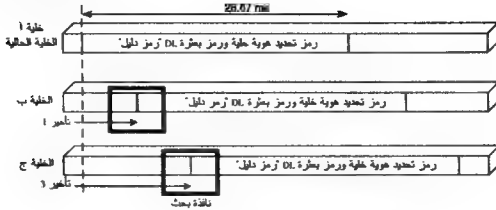
الشكل 6.4: بنية دليل غط متعدد الحامل Multi Carrier

البحث عن عملية بنمط DS للعمل غير المتزامن: هناك ثلاث خطوات في هذا النمط عند البحث عن عملية للنفاذ الأولي.

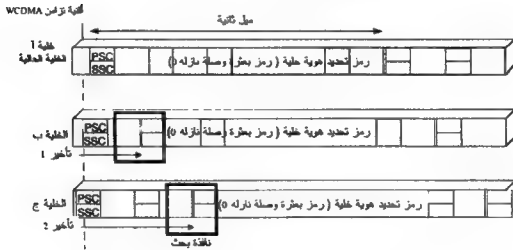
1. إيجاد توقيت النافذة من الـ (PSC) باستخدام ترشيح متوافق (matched filtering)
2. إيجاد توقيت رمز/الإطار ومجموعة ترميز (code group) من الـ (SSC)
3. فك ترميز هوية الخلية.

يتم نشر الخمسة عشر حيزاً زمنياً في الخلية الحالية -آ- في فاصل زمني قدره (10) ميلي ثانية كما هو مبين في الشكل رقم (9.4). من المحتمل استخدام هذا النمط في مساحة مغلقة كسوق تحت الأرض (underground shopping mall).

#### CDMA2000 دليل تقنية



الشكل 7.4: بحث عن خلية بنمط حامل متعدد

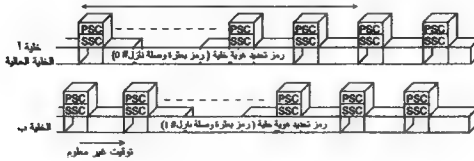


الشكل 8.4: بحث عن خلية بنمط نشر مباشر: تشغيل متزامن

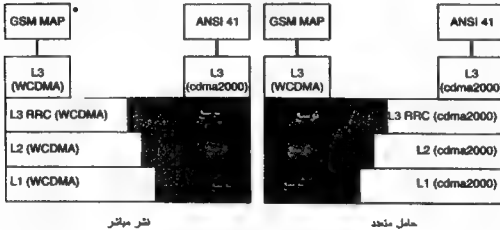
#### 4.12.4 ربط شبكات الجيل الثالث

هناك شبكتا نواة رئيسيتان، شبكة نواة معتمدة على ANSI-41 مطابقة لأجل كلا (cdmaOne) وشبكات نفاذ النمط MC (الحامل المتعدد) للمستقبلية وشبكة نواة معتمدة على (GSM-MAP) والمطابقة لأجل كلا GSM-SS7 وشبكات نفاذ النمط DS (التابع المباشر) المستقبلية. تربط ملاءمة شبكة -- إلى -- شبكة شبكات (NNI: Network to Network Interface) نفاذ النمط DS مع شبكات نواة معتمدة على (ANSI-41)، كما تربط شبكات نفاذ النمط MC مع شبكات نواة معتمدة على (GSM-MAP). تطور مجموعتنا المعايير

مشروع شراكة الجيل الثالث (3GPP: Third Generation Partner Project) ومشروع شراكة الجيل الثالث (3GPP2) المواصفة (hooks and extensions) "كلايات" و"توسعات" بمهمة موازنة شبكة مع شبكة (NNI) كما هو مبين في الشكل رقم (10.4).



الشكل 9.4: بحث عن خلية بنمط نشر مباشر: تشغيل غير متزامن



الشكل 10.4: صناديق (كلايات) وتوسعات

في شبكة نواة الـ GSM-MAP، لكل من الطبقات L1, L2, L3 كلايات وتوسعات لربط الطبقات الثلاث المقابلة في شبكة نواة الـ (ANSI-41). إن الربط من شبكة نواة (ANSI-41) إلى شبكة GSM-MAP نفس الأسلوب. تزود الكلايات الوظيفية المحددة في إذن النشر الأولي لمعايير توسعات المستقبل بدون تبديلات رئيسية في البروتوكول. تزود التوسعات عندما تكون الكلايات (الصناديق) في المكان الوظيفية الإضافية الضرورية لتحقيق المتطلبات المحددة. والوصف التفصيلي في المقطع (2.7).

\* جزء التطبيق المتنقل للـ GSM (GSM MAP: GSM Mobile Application Part)

مترتبط شبكات نفاذ الـ CDMA-TDD مع شبكات نواة الـ GSM-MAP وسوف تحتاج لكلايات وتوسعات لمواصلة شبكة نواة الـ ANSI-41 مع كل طبقة من الطبقات الثلاث (L1,L2,L3).

#### 5.12.4 نمط TDD

هناك اقتراحان للـ (ITU) واحد من الكاتيل/سيمنس والآخر من الصين. للمنظومة الصينية TD-SCDMA نموذجان، (1.6) و(5) ميغاهرتز. معدل التقطيع في نموذج (1.6) ميغاهرتز هو Mcps (1.28) وفي نموذج الـ (5) ميغاهرتز Mcps (3.84). إن فوائد استخدام الـ TDD كما يلي:

1. يمكن اعتبار أي نطاق طيف مفرد ذا نطاق ترددي يساوي أو يفوق (1.6) ميغاهرتز تطبيقاً للـ TDD
2. يمكن للـ TDD أن يتعامل مع حركة إتصال غير متناظرة ديناميكياً
3. كلفة البحث والتطوير للمنظومة منخفضة نسبياً
4. يمكن لكلفة الجهاز المحمول أن تكون أقل
5. لا حاجة للدوبلكسر\* (duplexer) وحجم الجهاز المحمول باليد أصغر
6. استهلاك القدرة أقل
7. له أعلى كفاءة طيف. بالطبع إنه لمن الصعب نسبياً التوصل لمتطلبات خطية (linearity) لمضخم القدرة (PA: Power Amplifier).

إن التقانات الرئيسية في الـ TD-SCDMA هي:

1. استخدام هوائي ذكي للإقلال من التداخل
2. استخدام نوافذ زمنية (time slots) متعددة (أي TDMA و DS/CDMA)
3. استخدام CDMA مترامن
4. كشف (detection) متعدد لتحسين طريقة الكشف
5. طريقة جديدة لحذف التداخل

---

\*. الدوبلكسر: كتلة تستخدم مع هوائي واحد للإرسال والاستقبال مكونة من فجوات (cavities).



6. استخدام مناوله Baton للاستفادة من مناوله البرمجيات والتجهيزات (hard and soft). إنفا

مناسبة لنمط الـTDD

إن المواصفة الرئيسية للـTD-SCDMA مبينة في الجدول (1.4)

الجدول 1.4: المواصفة الرئيسية في الـTD-SCDMA

فاصل الحامل	1.6 ميغاهرتز
معدل الشبه	1.28 Mcps
TDD مكيف دوبلكس	فاصل 5 ميلي ثانية
تنضيد	SDMA + CDMA + TDMA
عدد النوافذ الزمنية	7/10
معامل النشر	16/8/4/2/1
تعديل التردد الراديوي	QPSK
معدل معطيات أساسي	9.06/20484.8/1.2 كيلوبت/ثا حتى 384 كيلوبت/ثا
كلام	8 كيلو بت/ثا
معدل معطيات أعظمي	حتى 2 ميغابت/ثا (غير متناظر)
الاستقبال	تعدد موقع مستخدم، مناوله، ونحوال

## 13.4 قلق تطوير الـ3G

### 1.13.4 قلق الباعة (VENDORS)

1. الأوضاع السياسية: تشجع حكومة الولايات المتحدة الابتكار، ولذلك يصبح الـIPR

(الملكية الفكرية) مسألة عظيمة لتقانات النفاذ الراديوي والتي توخر تطوير الجيل

الثالث. في أوروبا، وضعت المجموعة جهودها الجماعية في إعداد شبكة نواة لاسلكية

عالمية ناجحة مع نفاذ النظام GSM الراديوي. وسيقاومون التحرك لأي شبكة نواة

مختلفة.

2. سوف تبطل هيئات كثيرة، مثل 3GPP, 3GPP2, OHG تطوير الجيل الثالث

(3G).

3. قضايا طيف: إن طيف الـIMT-2000 الذي تم إصداره غير قابل للاستخدام في الولايات

المتحدة الأمريكية لهذا سيعرب الباعة تبني حل الطيف متعدد النطاق بالجيل الثالث.

أيضا عدد قليل من نطاقات طيف جديدة لمنظومات الجيل الثالث العالية هي قيد الاعتبار.  
4. في حال تطوير منظومة بلا رؤية (seamless) بين ثلاثة أنماط فإن العمل على كلابات (hooks) وعلى توسعات (extentions) هو مصدر قلق كبير.

5. تطوير فوكودر مشترك (Develop a common vocoder): مستخدم الـ GPRS في المستقبل الفوكودر (Adaptive Multiple Rate) AMR. وتستخدم الـ cdmaOne الفوكودر EVRC وكلاهما مختلفان تماماً. يطور باعة الـ cdma2000 الـ (SMV)، وهو فوكودر آخر يمكنه اختزال معدل الترميز أكثر. من المرغوب به الآن الحصول على فوكودر مشترك لأغراض تجوال عالمية.

6. إن تطوير شبكة نواة معتمدة على بروتوكولات الانترنت IP مفيد للمشغل، كما هو مذكور في المقطع (7.8).

7. إن الكلفة وزمن تأخير وقضايا توقيت منظومة ناضجة لتطوير الجيل الثالث غير معروفة للمشغلين. وليس للباعة أية فكرة حول ذلك أيضاً. إننا نواجه منظومة غير مؤكدة أبداً.

## 4. 13. 2. قلق المشغلين

1. إن مشغلي الـ CDMA على مفترق طرق. بعض الأسئلة هنا من المحتمل أن يطرحها مشغل الـ (cdmaOne):

أ. أي من الأنماط الثلاثة للجيل الثالث من الواجب متابعتها؟

ب. هل يجب أن تطبق الـ cdma2000 1X اليوم؟

ج. هل ستكون الـ cdma2000 الرابع التقني للجيل الثالث؟

د. هل سيكون لـ: آسيا باسيفيك سوق كبيرة للـ (cdmaOne) أم

لـ (cdma2000 1x) في المستقبل القريب؟

هـ. ماذا ستكون الفائدة من اختزال الكلفة في انتقال الـ 3G؟

و. هل ستكون الزبائن مسرورة مع الـ cdma2000 (CDMA-MC)؟

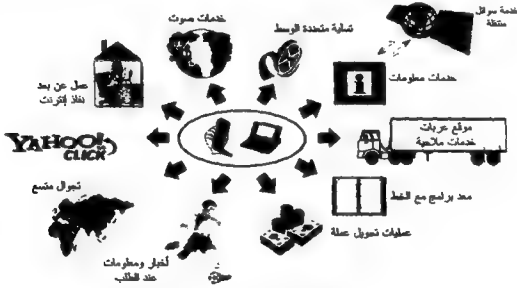
2. إن مشغلي TDMA/GSM على مفترق طرق أيضاً:

أ. هل سيكون الـ GPRS أو EDGE الخطوة اللوثة باتجاه الـ 3G؟

- ب. هل سيكون الـ CDMA-DS النمط للطور الأقل مجازفة؟  
 جـ. كيف يمكننا جعل عملية الانتقال أكثر اقتصادية؟  
 د. هل يستطيع الـ cdma2000 أن يكون مآخوذاً بالاعتبار؟

#### 14.4 مستقبل الاتصالات اللاسلكية فيما بعد الـ 3G

تنمو الاتصالات اللاسلكية والانترنت بسرعة. هناك الآن (500) مليون مستخدم للاتصال الخليوي المتنقل و(200) مليون مستخدماً للإنترنت حول العالم. من المؤكد بأن الاتصالات اللاسلكية ستندمج مع الانترنت لمواجهة متطلبات المستقبل. ستتحرك الانترنت باتجاه الانترنت اللاسلكية. سيكون للشبكة نواة بروتوكول انترنت لاسلكي. سيتم الحصول مستقبلاً على أية معلومات متاحة حول العالم من جهاز واحد في أي وقت وفي أي موقع كما هو مبين في الشكل (11.4).



الشكل 11.4: معلومات لأي جهاز في أي وقت

#### 1.14.4 منظومة الاتصالات متعددة الأبعاد المتنقلة ، فئة منظومات واسعة.

1. منظومة وسط متعددة المعلومات هي التي تتضمن اتصالات، اتصالات حواسيب، واتصالات تسليمية.
2. منظومة وسط متعددة الإرسال هي التي تتضمن: صوتاً، معطيات، فيديو، ومرئيات.

3. إن الشبكة متعددة الطبقات **multi layered** هي التي تشمل الأرضية المتنقلة، المتنقلة الساتلية، وجو أرض.

على المنظومة أن تكون في نطاق النفاذ هرتز من أجل السعة العالية وأن تكون عريضة النطاق من أجل معدل معطيات عالي.

#### 2.14.4 النفاذ اللاسلكي (Radio Access)

إن مدى الانتشار (Propagation Range) محدود بمتطلبات التردد العالي ومنظومة النطاق العريض. لهذا نحتاج ليكون لدينا على الأقل حل الـ 50 أو 100 م الذي يستطيع استخدام الأمواج الميلي مترية أو وصلات الأشعة تحت الحمراء (infrared). إن توصيل رسالة نطاق ترددي عريض بحاجة إلى شبكة هجينة (Hybrid Network) أيضاً وإلى وصلة الخط السلكي مع اللاسلكي، والتي هي الوصلة الـ 100 م الأخيرة أو أقل.

يمكن توفير وصلات خط النظر (LOS) باستخدام السواتل ذات المدار المنخفض (LEO) ومنصات سفن الهواء عالية الارتفاع شبه المتزامنة (Geosynchronous) لاتصالات الأمواج الميكروية أو الميلي مترية. يمكننا بهذه التوجهات توفير ليس فقط خدمات السرعة العالية، وإنما أيضاً عرض النطاق العريض (السعة العالية).

#### 3.14.4 الشبكة المعتمدة على المعلومات.

بما أننا نتطلع إلى عصر المعلومات، تصبح أهمية الشبكة المعتمدة على المعلومات في ازدياد. نخزن المعرفة في بنوك معطيات. يُمكن معالجة هذه المعطيات بأربع عمليات مختلفة: إنتاج، وتخزين، ونقل، وتطبيق. إن استخدام الضغط (compression)، والتخزين السريع (caching) والتحصيل المسبق (prefetching) في عملية النقل (transfer) هي من بين التقانات الجديدة المتاحة لتحسين شبكة معتمدة على المعلومات.

#### 15.4 حلم تطوير الجيل الرابع (4G)

كان الباعه القوة المحركة وراء تطوير الجيل الثالث (3G)، ويرى المشغلون الرضعية الآن كما يلي:

الباعه  $\leftarrow$  يُعلموا  $\leftarrow$  مَزُودِي الخُدمة (المشغلون)  $\leftarrow$  يُعلموا  $\leftarrow$  للمستخدمين.

في مجموعات معيار الـ 3G يُطور الـ 3GPP منظومة الـ FDD-DS وتُطور الـ 3GPP2 منظومات الـ FDD-MC. بدأ الآن المشغلون بالقلق والخوف حول الكيفية التي ستطور وتتخذ بها الباعة منظومات الـ 3G. هل ستعجب منظومة الـ (3G) الزبائن؟ هل يستطيع المشغلون التحكم بكلفة المنظومة 3G؟ إذا كان المشغلون لا يودون منظومة الحل الوسط والمتعددة النمط هذه، ماذا ستكون الخطوة التالية؟ الجواب هو في الأمل بأن تكون منظومة الجيل الرابع (4G) منظومة مثالية. ستكون منظومة الجيل الرابع المثالية منظومة غط واحد، ويجب أن يكون حافظها مصلحة العموم. يجب أن تكون العملية :

المستخدمون يُعلموا ← مزوّد الخدمة (المشغلون) يُعلموا ← الباعة  
 سيكون المستخدمون سعداء بهذه الطريقة، وسيخلق هذا مزيداً من الأعمال لمقدمي الخدمة والباعة. من الطبيعي أن يحتاج الباعة تفهم هذه الطريقة الجديدة. وستكون وظيفة المشغلين (operators) قيادة الطريق بإبداع.

## 16.4 مراجع

1. W. C. Y. Lee, "Dual-Mode Capability in Cellular Communications," *Communication*, Nov. 1987.
2. W. C. Y. Lee, "Cellular Operators Feel the Squeeze," *Telephony*, May 30, 1988, pp. 22-23.
3. Bell Labs, "High Capacity Mobile Telecommunication System Developmental System Reports," No. 1-No. 8 published every 3 months from March 1977 to March 1979, submitted to FCC.
4. Cellular Systems, IS-54 "Dual-Mode Mobile Station-Base Station Compatibility Standard," EIA, Engineering Dep., December 1989.
5. Cellular System, IS-136 "800 MHz TDMA Cellular-Radio Interference-Mobile Station-Base Station Compatibility," TIA/EIA, December 1994.
6. OHG, "Harmonization Framework Agreement for 3G" Ottawa, Canada, June3, 1999.
7. 3GPP's 3G Specification, ITU IMT-2000 Workshop, Toronto, September 10-11, 1997.



## تعلم من الماضي

- 1.5 منافسة زوجية
- 2.5 تأثير تعديل آخر حكم قضائي (MFJ)
- 3.5 قصة لماذا لا ميزة (التسديد على الطالب)
- 4.5 مُعيدوا البيع
- 5.5 Pactel تتحرك إلى النطاق A
- 6.5 منظومة بمعيار واحد مقابل منظومات متعددة المعيار في الخليوي.
- 7.5 التشارك بالطيف
- 8.5 لماذا لا لمستقبل تنوع (Diversity Receiver) في المحطة المتنقلة؟
- 9.5 هوائي فوق سطح المركبة.
- 10.5 لا مودم معطيات جيد لأجل AMPS
- 11.5 لماذا لا معايير موازنة مفتوحة؟
- 12.5 وصلات (links) الموجة المليلي مترية والموجة الضوئية (optical)
- 13.5 نموذج إحصاء معدل المطر في أقليم الولايات المتحدة
- 14.5 فشل سوق هاتف الصورة
- 15.5 لماذا فشلت الـ CT-2
- 16.5 واقع ومستقبل الـ GSM
- 17.5 شركة المعطيات الخلوية (CDI: Cellular Data Inc) ومسألة توقيت معطيات رزم رقمية خلوية (CDPD: Cellular Digital Packets Data).
- 18.5 الـ AMPS ضيقة النطاق.

- 19.5 للنظومات الراديوية للتكاملة المتنقلة (MIRS: Mobile Integrated Radio Systems)
- /منظومة الشبكة المحسنة الرقمية للتكاملة (IDEN: Integrated Digital Enhanced Network)
- 20.5 منظومة الـ (Metricom).
- 21.5 الإريديوم (Iridium) والفلو بال ستار (Globalstar)
- 22.5 المنظومات منخفضة الطبقة (Low-Tier)
- 23.5 مسألة التوقيت - إستراتيجية ابتكار خدمة
- 24.5 كيفية اختيار تجهيزات باعة جيدة
- 25.5 درس من الخلايا المكروية لـ (Pactel)
- 26.5 بدالات الـ 3B2O لـ AT & T
- 27.5 بضع أدوات هامة لمنظومات جديدة
- 28.5 مراجع



## 1.5 منافسة زوجية<sup>11</sup>

الطيف مورد طبيعي محدود واليوم هو سلعة نفيسة. للحصول على مردود طيف من وجهة نظر فنية، يجب أن يستخدم كامل الطيف المخصص لإدارة (Conduct) خدمة واحدة. مع ذلك من أجل عدالة المنافسة يحتاج الأمر لمشغلين أو أكثر لخلق وضعية متوازنة. لن يترك لعدد كبير جداً من المتنافسين المجال للمنافسة، حيث أن كلاً منهم يسعى لتشغيل نطاق ترددي صغير.

اعتماداً على ذلك فإن تخصيص نطاق ترددي ما بين (20) و(30) ميغا هرتز لكل مشغل في خدمة الخليوي أو الـ(PCS) هو خيار جيد. لم تتمكن في الماضي تراخيص خصص لكل منها نطاق قدره (1) ميغاهرتز في المنظومة البريطانية (CT-2) من أن تدير خدماتها الهاتفية اللاسلكية بشكل مربح. يعني هذا أن وجود متنافسين كثيرين جداً مع طيف مخصص صغير سيؤدي إلى قتل الخدمة كلياً.

أيضاً، في المنافسة الزوجية، نحاول دوماً شركتان التنافس لكسب حصة السوق. مع ذلك، هناك ظاهرة التداخل الوحيدة في المنظومة الخليوية. كلما ازداد عدد الزبائن المخدمين من قبل المنظومة، يتعاطم التداخل وتقط الجودة الكلامية للمنظومة. لهذا يريد الزبون الجديد الذهاب إلى منظومة لها حصة سوق منخفضة لأن جودة كلامها أفضل. كنتيجة، إن حصص السوق لمنظومتين في أي سوق متقاربتان جداً بغض النظر عن جهودهما في التسويق.

بدأت في عام 1987 شركة الهاتف الخليوي بلوس أنجيلوس (LACTC: Los Angeles Cellular Telephone Company) خدماتها في لوس أنجيلوس وأعلنت بأن منظومتها تقدم الصوت الرقمي. استخدمت في الحقيقة مقسم (بدالة) أريكسون الرقمي، لكن الصوت الراديوي (Radio Voice) كان لا يزال تماثلياً. لم يعرف الزبائن بأن جودة الصوت كانت جيدة بسبب العدد الصغير للزبائن في بداية الخدمة التجارية والتي جعلت مستوى التداخل في الحركة للكلمات منخفضاً في قناتها الصوتية.

## 2.5 تأثير تعديل آخر حكم قضائي (Impact OF MFJ)<sup>12</sup>

عُيّن في عام 1980 القاضي (Greene) من وزارة العدل (DOJ) لتحديد شركة (AT&T)

اعتماداً على قانون عدم الائتمان (Antitrust). كان على AT&T التخلي عن شركات بل التشغيلية الإقليمية الـ (26) التابعة لها. أدمجت هذه الشركات في سبع شركات بل إقليمية دعيت بـRBOCS. كانت Bell South و Pacific Telesis و South Western Bell و Nynex و Bell Atlantic و Ameritech و US West. أقامت وزارة العدل (DOJ) أول قضية عدم ائتمان ضد (AT&T) قبل أن يولد البعض منا. هنا مراجعة لتواريخ رئيسية:

- 
- |                               |  |
|-------------------------------|--|
| 14 كانون الثاني (يناير) 1949  | تنشر وزارة العدل. قضية عدم ائتمان ضد AT&T                            |
| 14 كانون الثاني (يناير) 1956  | بوشرت محاكمة لهائية  |
| 20 تشرين الثاني (نوفمبر) 1982 | دخل تعديل المحاكمة النهائية لـ (MFJ: Modification of Final Judgment) |
| 1 كانون الثاني (يناير) 1984   | حرمان الـ (RBOCs)  |
| 2 شباط (فبراير) 1987          | تنشر وزارة العدل تقرير الثلاث سنوات حول الـ (MFJ)                    |
| 10 أيلول (سبتمبر) 1987        | القاضي Greene يخفف قيود خدمات المعلومات                              |
| 3 كانون الأول (ديسمبر) 1987   | القاضي Greene يوضح قيود التصنيع: حرمان التصنيع.                      |
- 

عرفت الاتفاقية بين AT&T والقاضي Harold H. Greene بالـ (MFJ) وتم توقيعها في 24 آب (أغسطس) 1987. كان على (RBOCs) ثلاثة قيود في الاتفاقية (MFJ)

1. تزويد خدمات اتصالات بدالة بينية (Interexchange) بعيدة أو خدمات معلومات
  2. تصنيع أو تزويد منتجات اتصالات بعيدة أو تجهيزات منشآت زبون ما (عدا تجهيزات منشآت زبون لخدمات طوارئ)
  3. تزويد أي منتج آخر أو خدمة عدا اتصالات بدالة بعيدة، أو خدمة نفاذ بدالة (exchange)، أي ليست خدمة وحيدة طبيعية منظمة بالترفعة الحقيقية.
- إضافة لـ (لا لأعمال تصنيع) بنص جزء من الـ (MFJ) ما يلي:

1. لا تستطيع (RBOC) إعطاء تعليمات للبيع عن كيفية التصنيع أو تطوير المنتجات
2. أي منتجات تصنيع بالإمكان إنتاجها خارج الولايات المتحدة الأمريكية فقط بالإمكان بيعها فقط خارج الولايات المتحدة

3. لا تشمل عبارة خارج الولايات المتحدة المكسيك وكندا. إذا انتهكت الـ (RBOCs) الاتفاقية (MFJ) فسوف تعتبر المحكمة ذلك عملاً جنائياً. كانت مزاي (MFJ) انه لم يكن للـ (RBOCs) إمكانية تصنيع وبالتالي امتلكت شركات تصنيع الاتصالات اللاسلكية الصغيرة الفرصة للدخول في السوق. شملت مساوئ الـ MFJ ما يلي:

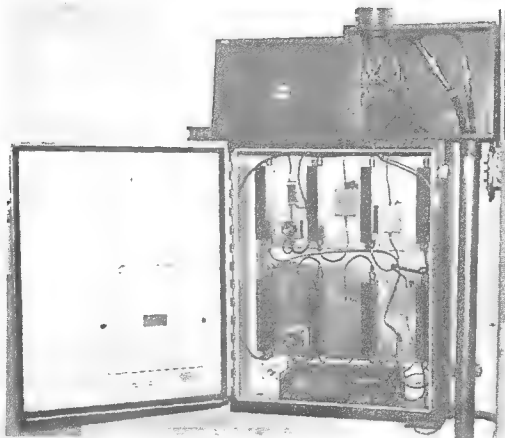
1. ليس للشركات (RBOCs) خيار سوى استخدام تجهيزات الباعة .
2. سبّر مهندسو شركات (RBOCs) عمل السوق، فهموا المشاكل، وكانوا مدربين في إيجاد الحلول ولكنهم لم يتمكنوا من إمرار هذه الحلول إلى الأمام. فيما يلي قصص حول تأثير الـ (MFJ):

1. اخترعت منظومة عليوية داخل بناء عام 1986. في 23 تموز (يوليو) لعام 1986 طلب Lee (W.C.Y. Lee) من المستشار (R. A. Isberg) تسعير كلفة بناء نموذج تجريسي لفكرة Lee والتي رسمها على مندبل ورقي في كافتريا. عطار فرانسيسكو. فيما بعد أعاد Isberg رسم غنطط منظومة Lee كما هو مبين في الشكل (1.5) والمستند (5A). وجد عامي اتفاقية MFJ لشركة Pacific Telesis الرسم بعد استلامه من قبل Lee وخشي من أن الرسم كان انتهاكاً للاتفاقية (MFJ). نصح Lee لكونه موظفاً بشركة الخاليوي Pactel بأن يوقع رسالة ويرسلها إلى Isberg. أبدى في الرسالة خبرته بالرغبة بالتنازل عن حق براءته وبالتالي لن تكون هناك قضية بشأن الاتفاقية MFJ. طورت المنظومة داخل البناء عام 1987، لكن لم يكن لأي شخص في الشركات RBOC ليحرّز على جعل منظومة مخترعة تجارية من وجهة نظر الاتفاقية (MFJ). حثمت منظومة من صنع مستشار هذه في مخبر Lee. ذكر Samginn رئيس Pacific Telesis (Lee) عام 1988 بالعرض القدم حول المنظومة داخل البناء وإن عليها أن تتركب في بناء Pactel Telesis. استغرق التحضير ثلاثة أسابيع. في 9 أيلول (سبتمبر) لعام 1988 تم تشغيل المنظومة بموجب ترخيص تجريسي تم إصداره لـ (Cellular-One)، سان فرانسيسكو.





استطاع سائقون قادوا للدخل المراتب تحت الأرض إكمال مكالماتهم الخليوية دون انقطاع. كان جميع الموظفين سعداء عندما استطاعوا إتمام مكالماتهم ضمن سياراتهم الليموزين عند دخولهم المراتب تحت الأرض.



الشكل 2.5: مقوي عملية باستطاعة منخفضة

2. نموذج تجريبي قليل الكلفة لمكرر (معزز) عام 1988. حاول Lee، لدى Pactel Cellular تصميم معزز (مقوي) صغير الأبعاد، قليل الكلفة كان بالإمكان تركيبه بسهولة على أي عمود مصلحة شبكة عامة. دعي المقوي بمعيد (Repeater)، يقوي الإشارة بعد استقبالها. في عام 1985، كان المقوي التجاري كبيراً كالبرادات. ثم اختزل الأبعاد في عام 1988، لكنه بقي كبيراً. صنع (Lee) عشرة منها صغيرة كما هو مبين في الشكل (5.5) وخطط لانتشارها في منظومة (Pactel) الخاصة. ركبت الوحدة التجريبية على عمود شبكة عامة في Luguna canyon على هضبة Luguna في مقاطعة Orang كانت النتيجة

جيدة جداً. إلا أن محامي اتفاقية (MFJ) نصح Lee بأن لا يضعها في الخدمة لأنه لم يسمح لـ(Pactel) بصنع أي إنتاج حتى للاستخدام الداخلي. فيما بعد كان لـ(Pactel) بعام 1991 اتفاقية أن يكون Avantek مصنعاً لهذا المقوي رخيص الكلفة. لسوء الحظ تم شراء (Avantek) من قبل HP وألغيت الصفقة.

3. هوائي شبكات الاتصالات الشخصية (PCN: Personal Communication networks) صنع لصالح الشركة البريطانية UK Microtel: أرسلت (Pactel) عام 1989 مع الطاقم الفني إلى إنكلترا لتقديم طلب ترخيص الـ(PCN: Personal Communication Network) الذي ربحته. دُعيت شركة الاتحاد الجديدة بـ(Microtel). كان تردد الـ(PCN) هو (1800) ميغاهرتز. لم يكن في السوق حينئذ محطات قاعدة أو محطات متنقلة تجارية. كانت Microtel في عجلة من أمرها للحصول على هوائي محطة قاعدة بالتردد (1800) ميغاهرتز من كندا، والذي يكلف (5000) دولار. سمع Lee بذلك وطلب فوراً من مهندسيه صنع عشرة هوائيات. اثنين لمحطات القاعدة وثمانية للمحطات المتنقلة خلال ثلاثة أسابيع. كانت الكلفة حوالي (30) دولاراً (الشكل 5.5). اعتقد Lee بأن إنتاجاً صنع في الولايات المتحدة وأستخدم خارجها سوف لن ينتهك اتفاقية (MFJ) في حينه. خطط Lee للطلب من شركة Microtel بدفع (500) دولار لكل هوائي، وتمت الموافقة على السعر، مع ذلك نصح محامي اتفاقية MFJ بشركة Pactel، Lee بأنه وفقاً للاتفاقية (MFJ)، ليس بالإمكان بيعها حتى خارج الولايات المتحدة. الخيار الآخر كان إعارة الهوائيات للمصنعة وطنياً لـ Microtel لمدة 90 يوماً. لم يحصل بهذه الطريقة كل من Lee وطاقمه الفني على أي مكافأة مالية.

4. إعداد تخطيط وتصنيع في (Tijuana) - المكسيك، في عام 1989: بسبب أن كان لـ(Pactel) سوقٌ خليوية في (San Diego) كان من السهل إعداد تصنيع في (Tijuana)، والتي تبعد أربعين ميلاً عن (San Diego). يجب أن لا يكون التصنيع والبيع خارج الولايات المتحدة انتهاكاً للاتفاقية (MFJ) لكن وفقاً لما شرحه محامي اتفاقية (MFJ) لشركة (Pactel) فإن هذا لا يشمل المكسيك وكندا. في هذا الوقت انسحب Lee تماماً.



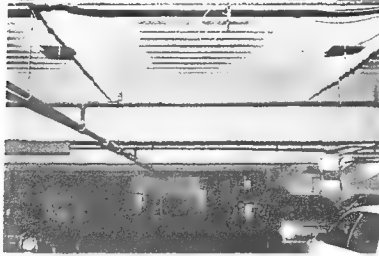
الشكل 3.5: هوائي باغي مركب على سقف ترمس (مصطبة)

### 3.5 قصة لماذا لا لميزة (التسديد على الطالب)

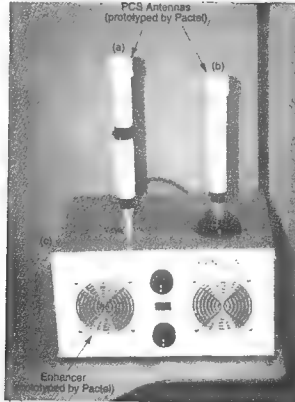
قال منفذون ومهندسون كثير بان تقدم للنظومات الخليوية الأوربية كان قد استفاد من ميزة أن يتولى طالب المكالمة الدفع ولم يكن كذلك في الولايات المتحدة. تستطيع المنظومات الخليوية في الولايات المتحدة اليوم أن تحصل فقط على ميزة الدفع على الفريق المتنقل (Mobile Party Pay) عن زمن الأشغال على الهواء (Air-Time) بكلا الاتجاهين. يعني هذا بأن مشترك المحطة المتنقلة يدفع عن زمن الأشغال على الهواء لكل من الفريق الطالب (المصدر) والمطلوب (الوارد). إن مشترك الخليوي بسبب هذه الترتيبة غير راغبين في إعطاء



أرقام هواتفهم لأي أحد ما لم يكن بمقتورهم تبرير دفع قيمة المكالمات. كنتيجة لا يمكن لترويج استخدام الدقائق في هذا البلد أن يكون مثل أوروبا. هل تمتلك الولايات المتحدة التقنية أم لا؟



الشكل 4.5: هوائي آخر مركب في مرآب



الشكل 5.5: نموذج تجريبي لمقوي صغرة التيلس - قليل الكلفة.

ظنت AT&T في عام 1976 بأن منظومات الخليوي ستكون حط أعمالها لأنها هي التي اخترعتها. عطلت لنشر المنظومة الخليوية في كل من شركات (RBOCs) الـ 21. ونظراً لأن الأعمال (business) الخليوية لكل إقليم (منطقة) سوف تكون لشركة إقليمية واحدة، كان بالإمكان توزيع أعمال فورة المكالمات الصادرة والواردة في المكتب المركزي - الفئة 5 (Class 5 Central Office) وهو المكتب المركزي السلبي. أمرت (DOJ) بشكل غير متوقع بحريد AT&T وأمرت بفصل جميع أعمال الشركات الـ (BROCs) عن أعمال السلبي. نظراً لأن بدالة (مركز تبديل) الهاتف النقال (MTSO: Mobile Telephone Switching Office) ليس المكتب المركزي ذا الفئة (5)، ولم يكن لديها تسجيل لرقم هاتف المكالمات الواردة، لهذا أضاف (MTSO) منظومة فورة دعيت حسابات إدارة آلية (AMA: Automatic Management Accounting) لفورة الوقت على الهواء لكلا المكالمات الصادرة والواردة إلى رقم الهاتف النقال نظراً لعدم قدرتها على حصول التسجيل من المكتب المركزي ذي الفئة (5) لفورة الوقت على الهواء للمكالمات الواردة. كانت شركات السلبي رافضة السماح لـ (MTSO) أن يكون مكتباً مركزياً من الفئة (5) بسبب التحريد ما لم يحبرها الحكومة على ذلك. كانت ميزة أن لم يكن بالإمكان تنفيذ ميزة ((الطالب يدفع)) عائلة لسبب تجاري وليس لسبب تقني.

#### 4.5 معيد البيع Resellers

معيد البيع (Reseller) هو من لا يملك نظاماً تشغيلياً خاصاً به ولكن يريد أن يكون مزود خدمة (SP)، حصلت كثير من الشركات غير السلبي في عام 1984 (ليست شركة هاتف) على تراخيصها لكن المنظومات لم تكن جاهزة للتشغيل. حصلت على أرقام هواتف نقالة من الـ FCC وطلبت من الشركات السلبي (شركة هاتف) التي تدير المنظومات الخليوية كي تخدم زبائنهم. مثلاً كانت الـ (LACTC) معيد بيع أعادت بيع خدمة Pactel في عامي 1985 و1986 كان لها كمية كبيرة (chunk) من أرقام نقالة على بدالة Pactel. دفعت رسماً مخفضاً لـ Pactel ثم قامت بفورة زبائنها مباشرة بتعرفتها الخاصة. إن هاتف الـ AMPS

ميزة خيار A وخيار B، أي استخدام خيار نطاق A (نطاق خط لاسلكي). أو خيار نطاق B (نطاق خط سلكي). كانت هواتف (LACTC) موضوعة باستمرار على الأفضلية A عندما كان يطلب مستخدمو شركة (LACTC: Los Angeles Cellular Telephone Company) المكالمات على النطاق A ولم تكن هناك منظومة A، كانت المكالمات تذهب آلياً إلى منظومة النطاق B.

كانت هذه طريقة الـ FCC في المحافظة على منافسة عادلة بسبب تأخر انتشار منظومات مشغلي النطاق A في الأسواق. لهذا لم تحتاج LACTC دفع منظومتها الخالية للعمل بصورة أبكر بسبب وضعية معيدي البيع. أرق عدد الزبائن للتنامي بدالات Pactel. كان من الصعب جداً تشغيل منظومة جديدة في أسواق Los Angeles مع محاولة المحافظة على قاعدة المحارة مع نمو عدد الزبائن بسرعة. نشأت عدة مشاكل غير متوقعة من قضايا السعة والإدارة الترددية إلى المناولة وقضايا أخرى. كان تحدياً كبيراً المحافظة على الجودة الكلامية بينما يزداد عدد الزبائن. كلما تحسنت الجودة الكلامية كان يفسدها ازدياد الحركة. إضافة لذلك جعل زبائن معيدي البيع الأمور أكثر صعوبة لمشغل المنظومة. واظبت Pactel على دفع LACTC لفتح (تشغيل) منظومتها. كان هناك عدة تأخيرات في البرامج. لو لم يكن لـ FCC سياسة إعادة البيع فإن الحالة كانت ستكون مختلفة. كان على LACTC أن تكون عملت بحسنة أكبر لتشغيل منظومتها أبكر للعناية بزبائنها، وعلى PACTEL أن تكون رغبة بأن لا تتمكن LACTC من تأخير تشغيل منظومتها.

عندما افتتحت LACTC منظومتها خلال النصف الثاني من عام 1986. نقلت زبائنها إلى بدالتها باعتبار أن كان لديها حوالي خمس الزبائن الذين كانوا لـ Pactel، فقد بينت منظومة LACTC مشاكل تداعل أقل بسبب الحمل الأقل عند بداية الخدمة. ادعت الشركة بأن لديها منظومة ذات جودة أعلى نظراً لتفوق الجودة الكلامية. لا يعلم الزبائن بأن الحركة الخفيفة تحسن الجودة الكلامية وبالتالي وبجحت LACTC زبائن كثر. لكن وحالاً بدأ عدد الزبائن بالارتفاع، بدأت الجودة بالانحدار بسبب تداعل ولده حمل الحركة.

## 5.5 Pactel تتحرك إلى النطاق A

وضعت FCC قبل عام 1985. قاعدة هي أن الشركات غير الهاتفية (دعيت باللاسلكية) قادرة على تشغيل النطاق A فقط. وأن شركات الهاتف قادرة فقط على تشغيل النطاق B. بدأت Pactel بعد عام 1985 تتحدى قاعدة الـ FCC هذه واشترت شركة (CI: Communication Industry) المالكة لسوق النطاق A مثل San Diego، و San Francisco و Atlanta وشركات صغيرة في أسواق نطاق A أخرى. امتلكت (CI) أيضاً مُصنِّعَين، هما شركة BBI لتصنيع أجهزة نداء اللاسلكي (A Paging Manufacturing) وشركة DB للتصنيع الراديوي. كانت Pactel شركة فرعية لـ Pacific Telesis أحد أبناء شركة بل السبعة (Baby Bell). كان الحاجز الأول لـ Pactel هو الحصول على موافقة تشغيل في النطاق (A) من القاضي (Greene) الذي عالج تجريد AT&T. كانت الموافقة المشروطة:

1. لم يكن بإمكان Pactel امتلاك ترخيصين في نفس السوق
  2. لم يكن بإمكان Pactel تسير أعمال تصنيع اعتماداً على قيود (MFJ).
- باعت Pactel سوق San Diego إلى US West وتخلصت من منتجات DB و BBI في عام 1986.

في عام 1986 منحت الـ FCC وثيقة تنازل لـ Pactel بالعمل بأسواق النطاق A كان من الصعب تحديد قيمة كل سوق عام 1985. بعدئذ استعملت عبارة دولار/سكاني \$/POP، والتي تشير إلى سعر الشراء مقسوماً على عدد سكان السوق. اشترت Pactel الـ CI بسعر قدره 32 دولار/سكاني. في عام 1985 قالت شركة Cellular Industry بأن السعر كان عالياً جداً. فيما بعد في عام 1986 أعتبر سعر صفقة CI منخفضاً جداً لأن أسواق النطاق A الأخرى بيعت بسعر أعلى.

بعد شراء Pactel لـ CI وبعد أن عملت في أسواق النطاق A، تابعت القضية جميع شركات الـ RBOCs وسورت أسواق النطاق A. نظراً لأنه أمكن تشغيل النطاق A (النطاق خط - لاسلكي) من قبل شركات (خط سلكي) والتي افترض بأنها تستطيع فقط تشغيل (النطاق خط - سلكي)، وهو النطاق B فقد تم إهمال العبارتين، نطاق خط - سلكي ونطاق خط - لاسلكي ولم يعد لهما معنى اليوم.

## 6.5 منظومة بمعيار واحد مقابل منظومات متعددة المعيار في الخليوي

في البداية كانت المنظومة الخليوية للحل الأول في شمال أمريكا منظومة معيار واحد دعيت بالـ (AMPS). لكن كان لكل دولة في أوروبا منظومتها الخاصة بها. لم يكن هناك معيار واحد في القارة الأوروبية. طورت أوروبا بعد ذلك معياراً واحداً هو الـ (GSM) لمنظومات الجيل الثاني الرقمي، لكن الولايات المتحدة كانت لها أربع منظومات مختلفة هي: ثمانية، DCS 1900، CDMA، TDMA، ولو كان هناك معيار واحد فإن الجهد المكثف قادر على جعل منظومة هذا المعيار أفضل باستمرار. اخترقت الـ GSM الآن، بالرغم من أنها ليست منظومة عالية السعة، العالم كما كان حال المنظومة الثمانية خلال بدايتها. تغدو قضية التجوال (Roaming) بأربعة منظومات مختلفة ونطاقين ترددين مختلفين هما (800) و (1900) ميغاهرتز حرجة جداً. تحتاج المنظومات الأربعة في الولايات المتحدة لاستخدام القناة الثمانية كقناة تجوال للمنظومة الدخيلة. استطاعوا في أوروبا سحب المنظومات الثمانية. لا تستطيع الولايات المتحدة ذلك وخاصة لأجل الخدمة (E911)، يجب علينا أن نعول على المعيار الواحد فقط وهو: المنظومة الثمانية على المستوى الوطني. بحيث تستمر حية إلى حين انتشار الجيل الثالث بالكامل. خلال ذلك لا تستطيع منظومات الجيل الثاني الأمريكية منافسة منظومة الـ GSM. يضاف إلى ذلك إن لكل من المنظومات الأربعة شكل موجة راديوي مختلف وغالباً قادرة على مداخله بعضها البعض. ستكلف طريقة اختزال التداخل بينها عالياً ومن المحتمل عدم العثور عليها أبداً.

## 7.5 التشارك بالطيف SPECTRUM SHARING

تزيد سياسة التشارك بالطيف من مردود الطيف. تشارك الطيف لخدمتين أو أكثر تحت إدارة مشغل واحد هو أفضل سياسة. يحتاج تشارك الطيف بين مشغلين (Two Operators) لخدمتين مختلفتين إلى حذر شديد. فمثلاً ينتج تداخل ضار محتمل على المنظومة الخليوية من خدمة الجو - أرض كما هو مبين في الشكل (6.5) نظراً لأن خدمة جو - أرض/3 في (ATGSs: Air To Ground Service) تحاول مشاركة نفس الطيف الخليوي في الـ (800) ميغاهرتز. يمكن لإشارة الـ ATGS للمستقطبة أفقياً في الوصلة العكسية (من الطائرة

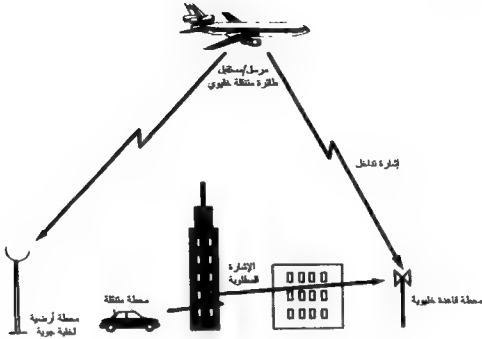
إلى المحطة الأرضية) أن تسرب بقوة إلى هوائي الاستقطاب العمودي في محطة القاعدة الخليوية كما بينت القياسات/3/. كما أن تحكم القدرة في الخدمة ATGS غير قادر على تخفيف التداخل الضار بفعالية والنتائج عن المنظومة الخليوية . عندما تطير طائرة بالقرب من محطة قاعدة كما هو مبين في الشكل (6.5) ولكنها بعيدة عن المحطة الأرضية للخدمة (ATGS)، يزيد تحكم قدرة خدمة الـ(ATGS) من قدرة مرسل الطائرة بسبب ضعف استقبالها من قبل المحطة الأرضية.

تُؤد زيادة القدرة هذه تداخلاً ضاراً على المحطات الخليوية الأرضية. إلى جانب ذلك أثبت تخصيص الطيف (800) ميغاهرتز للخليوي مردوده السعودي بالمقارنة مع أي خدمة أخرى في نطاقات طيف أخرى. إن خدمات الخليوي المستقبلية معرضه بصورة خاصة لتداخل ضار على النحو التالي:

1. ستكون الخدمة (E 911) مقدمة من قبل مشغلي الخليوي عام 2001، بالزام من قبل الـFCC. لا تتحمل هذه المنظومة أي تداخل. إنها مسألة حياة أو موت.
2. إن محطة قاعدة الخليوي في طريقها لاستخدام استقطابين، عامودي وأفقي بدلاً عن الاستقطاب العامودي فقط وذلك لتحسين استقبال الإشارة من المحطة المنقلة.
3. ستكون إشارة حركة (Traffic) المنظومة الرقمية (CDMA) ذات الشدة المعادلة واحد لعشرين من شدة الإشارة التماثلية عرضة للتداخل غير المرغوب بصورة أكثر. سيقلل أي تداخل أجنبي سعة منظومة الـ (CDMA) إلى النصف.
4. ستنفذ منظومة المستقبل ذات مردود الطيف المحسن، أي منظومة الجيل الثالث عند طيف الـ(800) ميغا هرتز عام 2001. لا يمكن لمنظومة مردود الطيف الجديدة أن تتأثر بأي تداخل أجنبي.

لهذا السبب يمكن لسياسة تشارك الطيف أن تطبق فقط على طيف مخصص فيه خدمة واحدة ليس لها غو في الاستخدام، أو أن فصل الاستقطاب كاف لعزل التداخل بين خدمتين. من الطبيعي إذا احتاجت خدمة رئيسية تحسيناً مستمراً وكانت تستخدم أيضاً لقناة جديدة باستقطابين لتحصيل مردود الطيف ضمن طبقها، بعدئذ لن تستطيع الـFCC وقف السماح لقناة الاستقطاب الجديدة أن تطبق على الخدمة الرئيسية كي تحقق سياسة التشارك بالطيف

مع خدمة ثانوية.



الشكل 6.3: تداخل ضار من منظومة طائرة على محطة قاعدة خلوية

## 8.5 لماذا لا لمستقبل تنوعي في المحطة المتنقلة؟ (Why no diversity receiver at the mobile station)

صممت مخابر بل في عام 1970 طريقتين للتنوع الفراغي ووضعت إحداها في محطة القاعدة والأخرى في المحطة المتنقلة. كان الفصل الجغرافي لهوائي محطة القاعدة مساوٍ لثمانية أطوال الموجة المستخدمة (يساوي تسعة أقدام عند التردد 850 ميغا هرتز)، وهو مستخدم حالياً. يساوي الفصل في المحطة المتنقلة لنصف طول الموجة المعمول بها (أو ستة إنشات عند التردد 850 ميغا هرتز). يمكن لهوائين تفصلهما مسافة قدرها ستة إنشات أن يركبا على سطح المحطة المتنقلة دون أية صعوبة. يستطيع بعد ذلك المصمم أن يقرر تقانات ضم مختلفة لإشارتي تنوع. هناك عائلتان من تقانات الضم استخدمت بعد استقبال إشارتين من هوائيين:

1. إن التقانة باستخدام جهازَي استقبال هي ضم نسبة عظمى (إشارة إلى الضحيح) أو ضم

ربح متساوي (بنفس الطور Cophase) أو ضم انتقائي.  
2. إن التقنية باستخدام جهاز استقبال واحد هي ضم مبدل (Switched Combining). إن التبدل (switching) معتمد على مستوى عتبة محدد مسبقاً (Predetermined Threshold Level).

ينتج عن ضم الإشارتين المستقبليتين باستخدام جهاز استقبال أداء أفضل، إلا أن كلفة الحصول على جهاز استقبال عالية. يحقق استخدام جهاز استقبال واحد للضم كلفة قليلة، لكن الأداء غير مرغوب فيه. يفوق بالغالب الأداء عند استخدام جهاز استقبال واحد بتنوع (One-Receiver Diversity) أداء استخدام جهاز استقبال واحد بدون تنوع عندما تكون الإشارة مقبولة.

مع ذلك إن أداء جهاز استقبال واحد بتنوع أسوأ بشكل ملحوظ مقارنة مع عدم التنوع عندما تكون الإشارة ضعيفة. يفترض بالتنوع أن يساعد الإشارة الضعيفة، لكنه لا يفعل ذلك. صنعت في البداية شركات E. F. Johnson، موتورولا، NEC أجهزة استقبال متنقلة بتنوع متنقلة. نظراً لأن أداء جهاز استقبال واحد بتنوع لم يكن جيداً في بقع الإشارة الضعيفة لم تعجب أحداً، لهذا لم تستمر أجهزة استقبال التنوع.

أعطانا اختيار جهاز استقبال بتنوع اعتماداً على كلفة قليلة فقط درساً. عند تصميم منظومة جديدة أو تطبيقاً لا تفكر بالكلفة إذا كان خطر الأداء المنخفض محتمل الحلوث.

يربح العمل (business) دوماً الأداء الأفضل وإن بكلفة عالية، تماماً مثل الس-AMPS على المدى البعيد. كانت كلفة المحطة المتنقلة تفوق (3000) دولاراً في عام 1984. انخفضت الكلفة بسبب حجومات الشراء وتقدم التقنية فأصبحت كلفة الجهاز المحمول باليد لا تتجاوز (150) دولاراً.

## 9.5 هوائي فوق سطح العربة

أوصى مشغلو المنظومة في عامي 1983 و 1984 مع بداية المنظومة الخلفية بأن يركب هوائي المحطة المتنقلة في منتصف سطح العربة من أجل استقبال جيد ونظراً لأن السطح



مصنوع من المعدن فإن بالإمكان استخدامه كمستوى أرضي جيد. يتيح تركيب الهوائي على السطح بأن تكون خواصه الإشعاعية منتظمة حول الـ (360°) بالمستوى الأفقي. لكن التركيب على السطح يحتاج إلى ثقب فيه، أي أنه من الضروري ثقب سطح السيارة لتوصيل الهوائي مع مستقبل المحطة. لم يرغب معظم الزبائن ثقب سطح سياراتهم، لهذا رغبوا بالهوائي المركب على زجاج عندما وصل إلى السوق. مع ذلك كان الهوائي المركب على الزجاج أضعف بـ (3) ديسيبل مقارنة مع الهوائي على سطح العربة بسبب أن المسار الكهربائي كان يستخدم التحريض في التوصيل الوهمي (virtually) بين الهوائي على النافذة الخلفية من جانب وجهاز الاستقبال من جانب آخر. كانت الزبائن تريد تحمل بعض تدنسي (degradation) الجودة في الاتصال مقابل عدم ثقب سطح العربة.

استبدلت بالتدريج الهوائيات المركبة على الزجاج بهوائيات سطح العربة بناء على طلبات الزبون ولم تعد هوائيات السطح موجودة بالسوق بعد ذلك. ونسي الزبون سريعاً خسارة الـ (3) ديسيبل بسبب الهوائي المركب على الزجاج وكان يشتكي من أداء الخدمة. لهذا حاول مهندسو المنظومة مراراً إيجاد طريقة لتعويض الـ (3) ديسيبل.

## 10.5 لا موديم معطيات جيد من أجل AMPS

كانت شركات تصنيع موديم معطيات الخط السلكي عام 1984 تحاول تصميم موديمات لتطبيقات خلوية. اعتقدت بأن الفرق الوحيد في التصميم بين موديم الخط السلكي والموديم الخليوي كان ميزة المناولة في الأخير. كان معدل الإرسال (300) بت/ثانية. فقد جزء من المعطيات خلال الدفقة القصيرة (Short Burst) خلال (100) ميلي ثانية أثناء عملية المناولة واحتاج الأمر إعادة الإرسال. مع ذلك كانت جودة موديم الخليوي ضعيفة جداً. كان سبب ذلك كما يلي:

1. تختلف الظروف المحيطة بالمرسل الراديوي المتنقل عن الإرسال السلكي. ولدت الظروف المحيطة للراديو المتنقل خطأ الدفقة (Burst) بالإشارة بسبب الخفوت الناجم عن خفوت تعدد المسار الذي يشوّه الإشارة بينما ولدت الظروف المحيطة بالإرسال السلكي خطأ

عشوائياً بالإشارة نتيجة الضجيج الفأوسي بالمحيط. عندما تسير المركبة بسرعة أكبر يغلو طول الدفقة أقصر وعندما تسير ببطء أكثر يغلو طول الدفقة أطول.

عند إرسال معطيات في هذا الوسط يحتاج الأمر لإعادة بناء بروتوكول الاتصال السلكي. ليكافح في هذا الوسط كي يتمكن من تحويل أخطاء الدفقة إلى أخطاء عشوائية، كمثال استخدام بناء تشابكي في البروتوكول (Interleaving Structure).

2. ان منظومة الـ (AMPS) للإرسال الراديوي المتنقل مختلفة عن الإرسال اللاسلكي الثابت، والذي لا يعاني من ظاهرة الخفوت. فالـ (AMPS) منظومة تعديل ترددي (FM) صممت في ظروف الخفوت متعدد المسار للكلام بصورة رئيسية. إن الـ (AMPS) ليست مصممة من أجل المعطيات.

إن لمرسل/مستقبل التعديل الترددي جهازاً يدعى بالمركز الأولي عند المرسل، وآخر يدعى بمحاذف التركيز (التكبير) (Preemphasis/Deemphasis). الغرض من ذلك هو إرسال الكلام ضمن النطاق الترددي (300-3000) هرتز بحيث يتوافق (Matches) مع نفس شكل منحنى توزيع القدرة عبر الطيف الراديوي مثل منحنى توزيع الضجيج ولكنه أقوى بـ (30) ديسيبل أو أكثر. يشبه منحنى توزيع الضجيج في منظومة تعديل ترددي منحنى قطع مكافئ. ينتج عن ذلك أن نسبة الإشارة للضجيج S/N تبقى ثابتة عبر الطيف الترددي. ولن تتأذى النهاية الترددية للكلام من الضجيج أثناء الانتشار عبر الوسط. يستخدم إضافة لذلك ما يسمى بالضاغط/الممدد المقطعي (Syllabic Compandor) وذلك لضغط الإشارة الكلامية عند الإرسال وتمديدتها عند الاستقبال. إنه قادر على تقييد القدرة الكلامية ضمن عرض نطاق القناة. الفائدة العظمى من استخدام ضاغط/ممدد أن الخرج السمعي عند نهاية الاستقبال أكثر هدوءاً بسبب دفع الممدد لمستوى الضجيج نحو الأدنى خلال فترة التوقف الكلامي. يُحسّن التركيز/حذف التركيز وكذلك الضاغط/الممدد الجودة الكلامية لكنه يشوه دفق (stream) المعطيات إذا لم تكن حماية دفق المعطيات مأخوذة بالاعتبار. كان هذا السبب في أن المودم الخليوي لم يعمل جيداً كما كان متوقعاً.

لهذين السببين، إذا كان مودم للمعطيات بدون طريقة تمهيد أو طريقة تشابك (Interleaving) قبل الإرسال فسيكون من الصعب أن يكون قابلاً للتشغيل في منظومة الـ

AMPS وهذا يفسر لماذا لم تستخدم مدعيات ناجحة في منظومات الـ AMPS.

### 11.5 لماذا لا معايير مواعة مفتوحة؟ (OPEN INTERFACE)

لم يتم تطوير أي معيار مواعة مفتوح آخر بين أية من عناصر منظومة ماعدا المواعة الهوائية المشتركة (CAI: Common Air Interface) من قبل صناعة الخليوي بالولايات المتحدة خلال الفترة ما بين عامي 1983 و1998. فمثلاً لم يكن يوجد معيار مواعة ما بين الـ BTS: (Base Transmission Station) مع BSC: (Base Station Controller) وما بين BSC والـ MSC: (Main System Controller) أو ما بين MSC و MSC. لقد وجدنا بالمقطع (5.4) بأن تطوير المنظومة GSM كان بحيث أن المواعة A تسمح لمشغل المنظومة استخدام BTS من بائع و BSC أو MSC من بائع آخر. أدت المنافسة بين الباعة في أوروبا إلى انخفاض الكلفة. أصبحت أبعاد التجهيزات أصغر والجودة أعلى. لا تزال النماذج الراديوية (Radio Models) فوق ذلك في الولايات المتحدة كبيرة جداً. وتشغل حيزاً كبيراً وكلفة التجهيزات لا تزال عالية جداً نظراً لعدم وجود مواعة مفتوحة ولا توجد منافسة. حالما يتم تطوير منظومة بائع متنافسة، لا يتمكن مشغل المنظومة من استبدال أي من عناصر المنظومة بتلك من بائع آخر. إن مشغل المنظومة مرغم على البقاء مع بائع منظومة بالذات وهو أمر لا جدوى اقتصادية له (Infeasible). لهذا إن على مشغل المنظومة أن يدفع سعراً عالياً لقاء أي تطوير على المنظومة لأنه لا يوجد أي بائع آخر باستطاعته تعديل تجهيزات هذا البائع بالذات. المشغلون غاضبون لأن الأجهزة المحمولة باليد بسبب المنافسة نتيجة معيار الـ (CAI) قد تقلصت إلى أبعاد بطاقة عمل (Business-Card)، لكن محطة القاعدة لا تزال بنفس المقاسات كما كانت منذ خمس أو ست سنوات مضت (الترجم: الحديث عن الولايات المتحدة).

تبع صناعة الخليوي في الولايات المتحدة بالحقيقة ثقافة AT&T السابقة. وضعت AT&T مواصفة منظومتها وباعتها ككل. لم تكن أبداً بحاجة لمعايير مواعة. في عام 1983 كان جميع زبائن AT&T هي شركات RBOCs. كانوا من عائلة AT&T ووثقوا بإنتاج AT&T. لم تدرس معايير المواعة للمفتوحة كقضية. بعد ذلك باعه كثر مثل موتورولا واربكسون ونورثون تيليكونم و NEC كانوا في تجارة البنية التحتية الخليوية

(Cellular Infrastructure Business). لم يتمكن المشغلون من الاستفادة من تنافس الباعة بسبب حالة عدم وجود معايير موائمة مفتوحة التي كانت تقف حاجلاً دون انتهاز الفرصة.

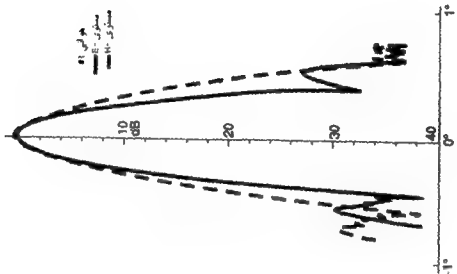
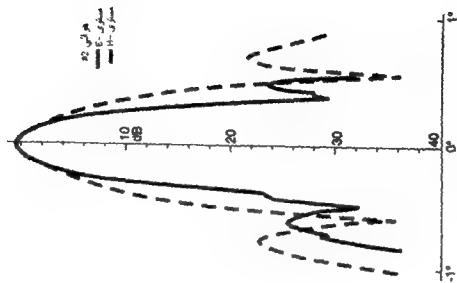
## 12.5 وصلات الموجة الضوئية والموجة المليمترية

كانت شركة هاتف نيويورك في عام 1972 تواجه ازدحاماً في الشبكة واحتاجت إضافة مزيد من الكوابل للشبكة. لكن الحفر في المدينة لتمديد الكوابل كان مكلفاً جداً ثم جاءها فكرة استخدام وصلات راديوية بدلاً من تمديد وصلات كوابل وكان على التردد أن يكون بموجات مليمترية أو ضوئية. تتخامد الأولى بشكل معتبر نتيجة سقوط المطر بينما تتخامد الثانية بشكل معتبر بالضباب (FOG). بعد ذلك طوروا مبدأ استخدام كلا الوصلتين. موجتان مليمترية وضوئية جنباً إلى جنب ترسلان وتستقبلان بنفس الوقت مما يوفر وصلات ماثقة ضد سقوط المطر والضباب. أنشئت الوصلة الضوئية من قبل (BG. King) 4/ والوصلة المليمترية من قبل (W.C.Y Lee) 5.6/. تم بناء جهاز Lee باستخدام ثنائيات Impatt 7.9/ المخترعة حديثاً في غابر بل كمنيع للتردد (100) غيغا هرتز أي موجة بطول 3 مليمتر كان هذا أول تطبيق لهذه الثنائيات. عكّلت إشارة (1) كيلو هرتز للبيع كمفتاح (عمل/إبطال، ON/ OFF). صمم المهتر الميين في الشكل رقم (7.5) من قبل Lee. تولدت الإشارة المعدلة عبر دليل للموجة WR 10.

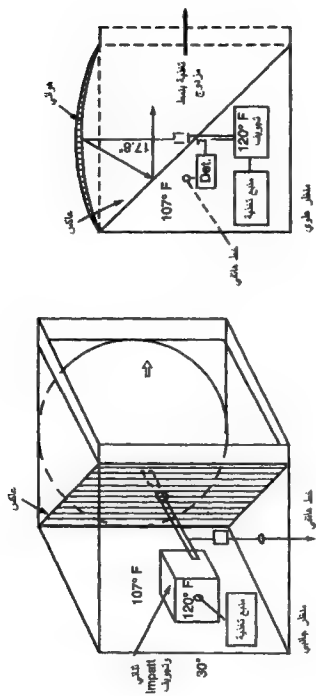
أعطى هوائي القطع المكافئ (2.5 قدماً) عند التردد (100) غيغا هرتز (3مم ربحاً (Gain) قدره (60) ديسيبل إلا أنه كان يكلف (2000) دولاراً كل ستة أشهر لتنعيم (Smooth) سطح القطع المكافئ بسبب الغبار. إذ أن أية خشونة (عدم نعومة) (Granularity) على السطح تؤدي لعدم تحريق حزمة الهوائي وإتقاص الربح. إن مخطط الهوائي (Pattern) ذو زاوية قدرها (0.3)° وهو ميين في الشكل رقم (8.5). بعد ذلك تم بناء الجهاز الميين بالشكل (9.5) وتم وصل مرجع الطور Phase Reference بين المرسل والمستقبل باستخدام خط هاتفي مستأجر. جرى تجريب الجهاز في البداية في Holmdel . New Jersey. ثم تم إعداد تسجيل في تشرين أول أكتوبر 1973 كما هو ميين في الشكل رقم (10.5). كل نقطة من المعطيات مثلت متوسطاً من دقيقتين. كانت الإشارة مستقرة تماماً خلال ثمانسي ساعات من المعطيات على أربعين دقيقة بين الساعة (1.30) و(2.00) بعد الظهر عندما كان هناك هطول مطر



الشكل 8.9: المخطط الإشعاعي للهوائي



الشكل 9.5: إنشاء إجمالي على موقع إرسال



## ترخيص FCC الراديوية

ملسورية (مهمة) انتشار موجة مليمترية

تجربة في بناء الالميرستوت

ملف 2- 36634

29 تشرين اول (نوفمبر) 1973

وكالة الاتصالات الفيدرالية

واشنطن دي \_ سي 20554

لصفحة : السيد Vincent . Mullins ، السكرتيرة

السادة :

هذا إعلام بأننا نخطط لاستخدام تجريري لترخيص راديوي (بحث) تجريري KF2XBY (ملف رقم 71-ER-R-3735) في مدينة نيويورك بدءاً من وبعد 4 كانون أول ، 1973 ومستمراً بعد ذلك لمدة عام ،نوي  
تتبع التغيرات على الانتشار المنسوبة للطقس بترددات الموجة المليمترية . لهذا الغرض ننوي إشباع حتى 6  
ميلي ولط استطاعة لموجة مستمرة (CW) بتردد (100) غيغا هرتز من صحن (DISH) 30 أنش قطع مكافئ  
بنسخة (Cassegrain). أن عرض الحزمة عند 3 ديسيل لهذا المصفوف (Array) مسافى لـ (0.3) عند  
التشغيل سوف تركيب للمنظومة بما يحقق نقلاً بخط نظر بين الطلق الثامن والثمانين لمبنى الالميرستوت  
والطلق الثامن والتمسين لبناء بأن أمور كان .

نعمل بأن لا تكافئ سوف يسببه هذا التشغيل لهذا السبب نحن مقتنعون بأن علينا أن لا نولد ولا نتعرض  
لتداخلات عدا تلك من الطقس ، وهي الخوفس التي نخطط لتتبعها.

إسنا نعلم بواسطة نسخة من هذه الرسالة مهندس المقاطعة المطلع لمطمانا التجريبية. الرجاء إعلامنا عن أية  
معلومات متوجبة لها صلة بهذا المشروع

للنسخة الأصلية موقعة من قبل

N . Levine for

E. F. O'Niel

المدير التنفيذي

لشعبة الاتصالات البعيدة

نسخة للسادة

T.C. Cross TA&T

S.D. Hath Away

W.C.Y. Lee

N. Levine

M. J. Pagones

D.O. Reudink

L. C. Tillotson

ahj - JHC-4362-HO

نسخة

إلى المهندس المكلف .

للمقاطعة الراديوية الثانية

وكالة الاتصالات الفيدرالية

لبناء الفيدرالي 748

شارع واشنطن 641

نيويورك، نيويورك 10014

- نسخة ملف - تاريخ

مخابر بل للهاتف المتحدة

المستند 5B :إعلام الوكالة لتجربة انتشار موجة مليمترية

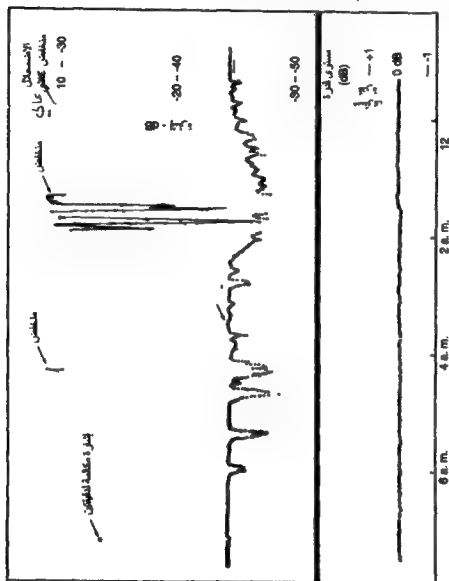


### 13.5 نموذج إحصاء معدل المطر في ألكيم الولايات المتحدة

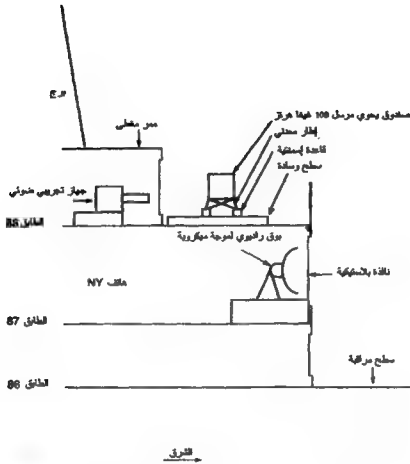
باستخدام التردد الذي يفوق (10) غيغا هرتز، يصبح تخامد الإشارة بسبب معدل المطر خطيراً بسبب امتصاص تساقط الماء. كانت جميع معطيات مكتب الطقس بالولايات المتحدة معطيات تراكم مطري وليس معطيات معدل مطري. ولهذا استخدم (L. R. Lowery) من مخابر بل في البداية في عام 1974 دلواً لالتقاط حبات المطر. حالما كان يمتلئ الدلو بالماء كان يفرغه ليعيده مرة أخرى لالتقاط مزيد من المطر. سجل مسجل ورقي معدل الإفراغ من الدلو. تم توزيع عشرة من هذه الدلاء في منطقة Holmdel, N. J. وكان على ورق المسجل أن يبدل كل أسبوعين. في 1 أيار مايو من عام 1974 أقيمت مناظرة لتطوير جهاز معدل استمطار. شعر Lee بعد المناظرة بأن هذا للمشروع كان مكلفاً جداً وسوف يستغرق وقتاً طويلاً قبل الحصول على إحصائيات ذات معنى في مساحة محدودة. ذهب إلى مكتبة مخابر بل وأخذ معطيات مكتب طقس الولايات المتحدة من عام 1950 إلى عام 1973 لتراكم المطر في كل عام. نظراً لأنها كانت في فواصل كل (5) دقائق حول Lee بسهولة معطيات التراكم إلى معطيات معدل استمطار.

شكلت معطيات السـ(23) عاماً منحنيًا إحصائيًا. جمعت للمعطيات من (257) موقعاً معظمها عند مطارات المدن عبر كامل الولايات المتحدة. أمكن تحديد نموذج إحصائي للمعدل المطري لكامل الولايات المتحدة بالاستعانة بجميع المعطيات. كتب Lee مذكرة في 10/12 أيار مايو 1974 بعد أن فحص مع (W.T. Barnett) ومجموعته في مخابر بل وبعد أن تأكد من أن هذه فكرة جديدة. كان Lee من شعبة البحث وكان Barnett من شعبة الإرسال الخارجي. درست مجموعة Barnett في Holandel, N.J. مع مجموعة R. Slade في Merrimack Valley, Mass مذكرة Lee وتابع عمله دون أن يخبروا Lee. نُشر موديل معدل المطر لمخابر بل في عام 1975/13 دون التسليم بعمل Lee. داخلياً كتب Erwine E. Muller وهو رئيس Barnett إلى مديره Nathan-Levine من سلم بأن Lee كان أول من استحدث الموديل (انظر للمستند 5C) ومع ذلك أعيق نشر عمل (Lee) كمذكرة داخلية لمخابر بل "أول طريقة مبسطة للحصول على إحصاء عن اضمحلال الإشارة بسبب سقوط المطر في معظم مدن الولايات المتحدة" 14/ من قبل شعبة الإرسال الخارجي إلى أن أصر مدير

مخابر بل Frank Blecher على وجوب تقدير عمل Lee. طبعت بالنهاية ورقة Lee في أيار مايو 1979 في (IEEE Trans. On Antenna and Propagation) 15/. كان ذلك بعد خمس سنوات ولم يبذل أحد أي اهتمام بهذه الورقة بعد ذلك.



الشكل 10.5: مطايات تسجيل في 30 تشرين أول أكتوبر 1973 في Holmdel, N.J.



الشكل 11.5: موقع مرسل بحوكة ميلمترية في بناء الامبايرستيت



- |  |                            |
|--|----------------------------|
| (1) بناء الولاية الاميراطورية (الامبايرستيت) | (2) بناء بان اميركان       |
| خط عرض 40 44 54                              | خط عرض 40 45 11            |
| خط طول 78 59 10                              | خط طول 73 58 35            |
| الطاق (النور) 88 (1103) قدم                  | الطاق (النور) 58 (846) قدم |
- الشكل 12.5: الوصلة بين بناء بان اميركان و إمبايرستيت

مخابر بل

تاريخ 19 تموز يوليو 1977

من E.E.Muller

N.Levine السادة

D.G.Thomas

عدة سنوات خلت عندما كان W.C.Y. Lee مشتركاً أصلاً في إعطاء المحاضرات، دفع جزء من عمله المقدم لـمزيد من الطرق المتقدمة كلفت على عاتقي (W. S. Chen, S. H. Lin) وغيرهما. طبعت عدة أوراق منذ ذلك الحين في هذه المنطقة مع مهمة إعداد ملف في تشرين الثاني لعام 1977 BSTJ. إن طبع ورقة Lee في هذا الوقت يعني التسليم بإسهامه. وهي لا تشتمل أهمية المعلومات المتراكمة المتوفرة وتبدو أنها أعدت بسرعة وهي ليست شاملة للجاهلية بل تحوي حداً من الفرضيات غير المدعومة.

التوقيع

HO - 4363 - NFD - KI

E. E. MULLER

المستند S. C.: رسالة من E. E. Muller

## 14.5 فشل سوق هاتف الصورة

اخترعت مخابر بل عام 1966 هاتف صورة استخدم نفس زوج أسلاك الهاتف العادي. إن زوج الأسلاك قادر فقط على تأمين إرسال ضيق النطاق. يحتاج إرسال أطر الصورة إلى قناة عريضة النطاق لإرسال معطيات عالية السرعة. مكنت فكرتهم خطأ إرسال ضيق النطاق من إظهار صورة الفريق الطالب ذات القناة العريضة. مسحت الصورة في البداية scanned في طرف الإرسال ثم أرسلت بمعدل معطيات بطيء إلى طرف الاستقبال. بعد استلام إطار الصورة بالكامل في طرف الاستقبال أرسل فقط الجزء المتبدل (المتحرك) من إطار الصورة، وهو دفع معطيات صغير، بمقدور الخط الهاتفية التعامل معه. إن إطار الصورة الكلي مجزأ في هذه الحالة إلى عدة موجيات كثيرة بطريقة تمثيل موجية (A Wavelet Representation).

يمكن تعريف الجزء المتبدل من إطار الصورة ببعض الموجيات الواجب إرسالها فقط. يعني هذا إن جميع الموجيات المستقرة فائضة Redundant ولا تحتاج لأن ترسل.

دل مسح السوق بأن 70% ممن يجري مقابلات صحفية يرغب في هاتف الصورة. عندما نزل هاتف الصورة إلى السوق كانت الكلفة (5000) دولار لكل جهاز. اشترت ناطحة السحاب في شيكاغو (سيروز) خمسمائة جهازاً لكن السوق لم يقلع لسبب جوهري. الناس لا يرغبون مهاتفة رؤسائهم بهاتف الصورة ولا تريد النساء أن تهاقن أو تستقبل مكالمات إذا لم

يكن مظهرهن على أحسن ما يرام. أغفل هذا السلوك الإنساني خلال مسح السوق إضافة لذلك ولكي يكون هاتف الصورة قابلاً للتشغيل فإن على الطرف الآخر أن يمتلك واحداً بالمقابل، وعلى النقيض من ذلك يمكن للهاتف النقال أن يهاتف ليس فقط أي هاتف نقال آخر وإنما أي هاتف سكني (Residential). كان يمكن لهاتف الصورة أن يكون إنتاجاً جيداً جداً، لكنه فشل بسبب عدم امتلاكه التسهيلات الموجودة في الهاتف الخليوي أو خصوصية الهاتف بدون صورة.

## 15.5 لماذا فشلت الـ CT-2

طورت المملكة المتحدة عام 1989 هاتفاً لاسلكياً دُعي بـ (CT-2)/16. انتشر في أسواق مختلفة وبأسماء تجارية مختلفة، مثل هاتف منطقة (Zone - Phone) أو منظومة هاتف نقطة بعيدة (Telepoint Phone System). تعمل الـ (CT-2) مثل كشك هاتف - حصاله - متنقل (Pay - Phone). يمكن للمكالمات أن ترقم منه للخارج (dialed out) ولكن لا يمكن استقبالها (مهاينة للدخول (dialed in)). تستخدم CT-2 غطاء مزواجة تقسيم زمن (TDD) (Time Division Duplex) (أي أن المرسل يتشارك مع المستقبل بنفس القناة). للـ (CT-2) أربعون قناة فقط تشغل النطاق (4) ميغا هرتز. إن عرض نطاق القناة مساوٍ لـ (100) كيلو هرتز.

في عام 1986 طورت شركة Shaye Company التي تأسست في المملكة المتحدة الـ (CT-2). كانت أبعاد الجهاز المحمول باليد مؤثراً جداً. كان أول هاتف رقمي. في عام 1986 كان حتى مطورو منظومة الـ (GSM) قلقين من احتمال نجاح الـ (CT-2) وكانوا يستعلمون عن توقيت تسليم منظومة الـ (GSM). لسوء الحظ اقترحت شركة فيرانتي (Ferranti) بان على المعيار المقترح من قبل شركة (Shaye) أن تعاد كتابته، مما أخر الإنتاج التجاري. أيضاً أصدرت حكومة المملكة المتحدة أربعة تراخيص لأربعة مشغلين للـ (CT-2)، كل واحد بعشرة أقتية. أمكن لعشرة أقتية في كل محطة قاعدة خدمة حوالي (5) (أيرلنغ Erlange) كحركة. بافتراض أن متوسط زمن المكالمات كان (3) دقائق فإن عشرة أقتية كانت قادرة على خدمة (100) مكالمات في الساعة. كانت سعة المنظومة بعشرة أقتية فقيرة جداً. إضافة إلى أن

هواتف الـ (CT-2) قادرة فقط على العمل بالقرب من محطات قاعدة الـ (CT-2). وفوق ذلك لم يتمكن المشغلون الأربعة للـ (CT-2) من تشغيل إرسال الـ (TDD) دون ساعة ربان (A Master Clock) لمزامنة كافة المنظومات بسبب عدم حدية المرشح (Filter). بما فيه الكفاية لعزل التداخل من مرحلة الإرسال بمنظومة على مرحلة استقبال المنظومة المجاورة. جعلت السعة الفقيرة والتداخل المتبادل (Mutual) بين المشغلين هواتف الـ (CT-2) تخسر أسواقها.

## 16.5 واقع ومستقبل الـ GSM

طورت منظومة الـ (GSM) من قبل جهد مجموعة في المجتمع الأوروبي. وافقت جميع الشركات المصنعة التشارك بحق الملكية الفكرية (IPR: Intellectual Property Right) لم يملك أحد سبباً للاحتفاظ بفكرة أو اختراعات خاصة بسبب هذه السياسة تحرك تطوير الـ (GSM) بسرعة كبيرة. كان كل واحد مشاركاً ومعداً للمذكرات (Contributions). كانت معنويات مجموعة الـ (GSM) عالية جداً. طبعاً إن القادة المنتخبون ليسوا أفضل قادة محتملين فعالين في جهد المجموعة. في بعض الأحيان كان النقاش بسبب اهتمامات شخصية عائدة لأعضاء المجموعة. كان يستخدم بعد ذلك حل التسوية (Compromise) حلاً للنقاش ولم تكن النتيجة دوماً التقنية الأفضل.

كانت المنظومة الـ (AMPS) التماثلية منظومة معيار مفرد طورته من قبل الولايات المتحدة عام 1978 وانتشرت أول ما انتشرت بنجاح في شيكاغو عام 1983. شعر خلال ذلك المجتمع الأوروبي بأن هناك حاجة إلى منظومة راديوية متنقلة موحدة أيضاً، وتم تشكيل مجموعة الـ (GSM) عام 1982. كانت مجموعة الـ (GSM) راغبة في بلورة منظومة تحد (Challenging) ومتقدمة (Advanced) ولم يسبق بلورة مثل لها قبل ذلك. لم تثار مسألة السعة في ذلك الوقت بسبب أن لا أحداً كان يعلم بأن المنظومة الخليوية سوف تتطلب أن تكون منظومة عالية السعة في غضون عشر سنوات.

وصلت الـ (GSM) لاتفاق مبكر قبل 1988 بحيث أن منظومة الراديو المتنقلة سوف:

1. تكون منظومة TDMA رقمية.

2. يكون لها قناة بعرض نطاق (300) كيلو هرتز.

3. يكون لها عشرة نوافذ زمنية (Time Slots).

نُفذَ في عام 1988 اختبار لهذه المنظومة في باريس. كانت النتيجة غير مرغوبة بسبب أن معدل الإرسال لأجل منظومة الـ(300) كيلو هرتز كان عالياً جداً. وكان امتداد تأخير الوقت (Time Delay Spread) طويلاً جداً نسبياً (أنظر المقطع 3.2)، بحيث أن الوسط الطبيعي قد حاشى معطيات الإرسال. تم بعد ذلك الاتفاق لتخفيض عرض النطاق من (300) إلى (200) كيلو هرتز واختصار عدد النوافذ الزمنية من (10) إلى (8). لكن لم تظهر أي نظرية ذات صلة أو تجربة في مؤلف أو أي مجلة محترفة تثبت بأن هذه القيم هي الحل الأنسب. لحسن الحظ فإن هذه التبدلات للـ(GSM) فعلت فعلها. كانت هناك مراجعات كثيرة للمواصفات، بما فيه جانب الشبكة (Network Side). كان نموذج طريق نجاح الـ(GSM) هو تنقيح المواصفة والتدريج الوصول للنجاح، بالمقارنة مع نموذج طريق نجاح الـ(AMPS) من كانت مواصفاتها الأولى المواصفة النهائية قبل أن تصبح تجارية.

جاءت المذكرات في تطوير الـ(GSM) من جميع أفواج الباعة. إلى طاقم العمل (Team) للـ(GSM) لم تكن هناك بطولة. الناس في الولايات المتحدة مشجعون وفقاً للثقافة فيها على الاختراع. يفدو حق الملكية الفكرية محرراً للمخترعين الذين يعاملون كأبطال في الصناعة نظراً لأن باستطاعتهم أن يصبحوا أغنياء بواسطتها. الجانب المظلم من حق الملكية الفكرية أنه كان قادراً على تشجيع الشركات للاحتفاظ بحق ملكيتهم الفكرية وأن لا يشاركون بشكل مفتوح مع الآخرين. على الشركات الأخرى بعد ذلك أن تدفع لقاء استخدام تقنية حق الملكية الفكرية وتدفع شركات أخرى لمقاومة استخدامها. وبالنتيجة قد لا يتم تبني تقنية جيدة.

## 17.5 شركة المعطيات الخليوية CDI ومسألة توقيت معطيات رزم رقمية

### خليوية (CDPD: Cellular Digital Packet Data)

اقترحت منظومة شركة المعطيات الخليوية (CDI: Cellular Data Inc) من قبل Luisman/17/. استخدمت نطاقاً قدره (5) كيلو هرتز بين نطاقين كل منها

(30) كيلو هرتز (2.5 كيلو هرتز في النطاق الأول و2.5 كيلو هرتز في النطاق الثاني) لإرسال المعطيات منخفضة السرعة. إنه مفهوم تشارك طيفي. رغمًا عن احتمال تراجع (degraded) الجودة الكلامية قليلاً، كان مشغل الخليوي يريد استخدامه. كانت منظومة الـ(CDI) غير ناجحة التطوير بسبب ضعف استراتيجيتها. أرادت (CDI) الحصول على تمويل تطوير من GTE أو Pactel قبل تمكنها من الانطلاق بكامل السرعة في تطوير منظومتها طبعاً، لقد ظنت بأنه إذا مَوَّل المشغلون المشروع فلسوف يتعهدوا البدء في استخدام المنظومة عندما تصبح تجارية. بالحقيقة كان على (CDI) أن تستقرض المال من البنوك أو من مفاشرين رأسماليين وتعد اختياراً ميكراً ناجحاً بما فيه الكفاية قبل بدء فعالية رزم المعطيات الخليوية (CDPD: Cellular Digital Packet Data). لو فعلت ذلك لاستطاعت منظومة الـ(CDI) أن تكون منظومة إرسال المعطيات الخليوية المبكرة.

اقترحت منظومة الـCDPD/18 من قبل شركة PCSI لخدمة المعطيات. وجدت (CDPD) دعماً قوياً من مشغلي خليوي رئيسيين متعددين بقيادة (McCaw Communication) في عام 1992. طبقت (CDPD) مفهوم تشارك الطيف. استخدمت (CDPD) الأقفنة الخليوية القائمة لإرسال المعطيات عندما تكون أقفنة الخليوي شاغرة (idle). تقفز الـ(CDPD) إلى قناة شاغرة أخرى عندما تؤخذ القناة الشاغرة المستخدمة فجأة من قبل خدمة الخليوي. استنفذت الـ(CDPD) جهناً ووقتاً بسيطاً لتطوير نمط القفز الترددي. استخدم جهاز كاشف (A Sniffer Device) في كل محطة قاعدة لكشف ما إذا كانت القناة الخليوية شاغرة أو كانت بحالة تبديل إلى عاملة (active). لم يكن مع ذلك هذا الجهاز فعالاً بسبب تركيب جهاز مشابه له في محطة القاعدة دُعي بكاشف التداخل الخارجي. عندما كانت الـ(CDPD) تستخدم قناةً خليوية كانت المنظومة الخليوية تعامل تلك القناة على أنها قناة تحت تأثير التداخل وبالتالي لم تعد تستخدمها إطلاقاً.

في الحقيقة إن الحركة في المناطق الريفية خفيفة وهناك وفرة من الأقفنة الخليوية الشاغرة غير المستخدمة. لهذا السبب كان باستطاعة الـ(CDPD) امتلاك قناة مكرسة للمعطيات. الحركة في المناطق السكنية عالية. ولا توجد قناة شاغرة متاحة. إذا كنا نرى الحاجة لقناة معطيات، دعنا نمتلك قناة مكرسة للمعطيات. في كل الأحوال نحتاج الـ(CDPD) لبضعة



أقنية مكرسة فقط. وليس لأقنية قفز ترددي (Frequency Hopping). استخلص تحليل للـ Lee/19 لاستخدام أقنية قفز ترددي في الـ (CDPD) بأنه كان لها تأثيراً سلبياً. أشار منافسون لـ CDPD كثيرون لورقة Lee/20. تحتاج الـ (CDPD) في منظومة إعادة استخدام تردد ذات معامل قدره  $k = 7$  لسبعة أقنية مكرسة، واحدة لكل خلية. كانت (PCSI) مهتمة في تطوير ميزة قفز ترددي بسبب انغماسها في الأجهزة المحمولة باليد. وكتيجة كان زمن التطوير طويلاً. كانت كلفة صنع جهاز محمول باليد مزدوج النمط (CDPD) عالية وميزة القفز الترددي لم تكن قادرة على العمل في مناطق الحركة العالية. كان واضحاً بأن توقيت الحصول على سوق (CDPD) قد ضاع حالما بدأت المنظومات الرقمية الخلوية تنفيذ ميزة للمعطيات.

## 18.5- الـ (AMPS) ضيقة النطاق<sup>21/</sup>

تستخدم منظومة الـ (AMPS) أقنية بعرض نطاق قدره (30) كيلو هرتز. إن سعة الـ (AMPS) هي نفس سعة نمط حزمة وحيدة الجانب (S.S.B) بعرض نطاق قناة قدره (10) كيلو هرتز (انظر المقطع 4.3). حاولت شركة موتورولا تطوير قناة تعديل ترددي (FM) بعرض نطاق قدره (10) كيلو هرتز. عندئذٍ احتاجت كل قناة ضيقة النطاق NAMP نسبة حامل إلى تداخل أعلى (حوالي  $C/I = 27 \text{ dB}$ ) مقارنة مع قناة AMPS ( $C/I = 18 \text{ dB}$ ) عادية. كان لها نفس العلاقة التالية<sup>22/</sup> حيث أن  $(C/I)_1$  للـ AMPS و  $(C/I)_2$  للـ NAMP:

$$\frac{(C/I)_2}{(C/I)_1} = \frac{(BW)_1^2}{(BW)_2^2} = \frac{(30 \text{ kbps})^2}{(10 \text{ kbps})^2} = 9 \approx 9 \text{ dB}$$

بعد ذلك إذا استخدمنا تماماً نفس (K=7) خلايا الـ (AMPS) واستبدلنا أقنية الـ AMPS بأقنية NAMPS، فإن جودة أقنية الـ NAMP ضعيفة. قال بعض المهندسين عند ما احتاج الأمر لجزء من طيف الـ (800) ميغا هرتز لاستخدامه من أجل منظومة رقمية، استطاعت الـ NAMPS استعادة نفس عدد الأقنية كما كانت قبل التحلي عن أقنية الـ AMPS. لكن إذا عرفنا مفهوم إعادة استخدام التردد، فإننا لسنا بحاجة إلى تبديل المنظومة إلى

NAMP، إذ يساعد باختزال العامل K من (7) إلى (3) نربح نفس عدد أقنية الحركة. ومع ذلك، كلا الطريقتين سوف تخفض الجودة الكلامية. إن تبديل العامل (K) لا يحتاج لتبديل المنظومة، ويحقق وفراً كبيراً. هذا هو السبب لماذا نحاول منظومة الـ (GSM) المحافظة على عرض النطاق دون تبديل عند إيجاد طريقه لتخفيض العامل (K) مع المحافظة على الجودة الكلامية. لذا فإن السياسة هي أن لا تغير منظومة ما، لا يهم أيًا كانت. يجب أن لا يُدفع المشغلون من قبل الباعة لتغيير المنظومة ما لم يكن هناك ربح واضح.

## 19.5 المنظومة الراديوية المتكاملة المتنقلة/منظومة الشبكة المحسنة

### الرقمية للمتكاملة MIRS/IDEN SYSTEM

طورت شركة موتورولا في عام 1989 منظومة مشاهة للخلوية لصالح شركة Nextel/23، التي اشترت معظم الطيف الراديوي المتنقل الخاص (SMR: Special Mobile Radio) في الـ (800) ميغاهرتز والمكوّن من نطاقين هما (805-821) و (851-867) ميغاهرتز. وهو غط ذو قيم تردد محددة (طيف غير مستمر). دعيت منظومة الـ (TDMA) بعرض نطاق (25) كيلو هرتز للقناة وبسنة نوافذ زمنية (Time Slots) بمنظومة الراديو المتكاملة المتنقلة (MIRS) إن مكافئ قناة النافذة الزمنية هو (4.1) كيلو بت/ثا. استخدمت منظومة الـ (MIRS) التعديل الرباعي الطور المطالي بستة عشر مستويًا (16 QAM) ذا الأربعة وضعيات. لذا فإن أربعة أمثال (4.1) كيلو بت/ثانية يساوي (16.4) كيلو بت/ثانية ربما يلائم الترميز الكلامي.

يستطيع تعديل الـ (16 QAM) تخفيض معدل الإرسال بحيث لا يصبح امتداد تأخير الزمن (Time Delay Spread) معضلة ولا حاجة لمساوي (Equalizer). مع ذلك لا يوجد غذاء بالهوان. فالتعديل (16 QAM) تعديل مطالي جزئي (AM) وتعديل طوري جزئي (PM). أية منظومة راديوية متنقلة تستخدم التعديل المطالي سوف تسبب في تشويه الإشارة الكلامية بسبب خفوت الإشارة (انظر للمقطع 4.2).

لم يكن أداء المنظومة MIRS جيداً بسبب النطاق الضيق جداً والتشويه. الفعال لجزء التعديل المطالي في الـ (16 QAM). عندما بدلت Nextel الـ MIRS أعطتها اسماً جديداً هو

الشبكة المحسنة الرقمية المتكاملة (iDEN). استعملت ثلاث نوافذ زمنية فقط بدلاً من ست في نطاق (25) كيلو هرتز، وغدت الجودة أفضل بكثير. استعملت Nextel بدلة Nortel، والتي وفرت مرونة كبيرة في تحقيق مزايا مثل التوزيع\* (Dispatching) ومكالمات المجموعة. رغمًا عن أن الجودة الكلامية لم تكن جيدة كالمنظومة الخلوية فقد استطاعت ميزة التوزيع و مكالمات المجموعة كسب بعض رضى الزبون.

## 20.5 منظومة METRICOM /24/

إن منظومة الـ Metricom منظومة طيف منشور باستخدام نطاق ترددي غير مخصص. مثل النطاق الصناعي، العلمي، الطبي (ISM: Industrial Science Medical) عند التردد (2.4) غيغاهرتز. تساوي سرعة المعطيات لـ 28.8 كيلو بت /الثانية وتستخدم عقدًا ذكية تسمى قمم الصاري (Pole Tops) في الحقل الراديوي لتوجيه المكالمات في الاتجاهين. الـ Metricom منظومة معطيات رزم، سوقها الرئيسي هو الانترنت، وقد اكتسبت حتى (30.000) مشترك في عام 1999 وكانت منطقة سان فرانسيسكو سوقاً رئيسية لـ Metricom. اكتسبت Seattle و NewYork بعضاً من أسواقها الأصغر. تحتوي وحدة طرفية Ricochet على مودم وهوائي. نظراً لأن وحدات الـ Ricochet مستخدمة في منظومة الـ Metricom، فإن منظومة الـ Metricom تدعى أيضاً بشبكة (Ricochet) اللاسلكية. من قمة الصاري (Pole Top) إلى نقطة النفاذ السلكية (WAP: Wired Access Point) هناك راديو ومسير (Router) لوصل قناة الوصلة النازلة ذات عرض نطاق (160) كيلو هرتز، وكذلك قناة الوصلة الصاعدة ذات عرض نطاق (160) كيلوهرتز أيضاً. سيكون للمنظومة في المستقبل طريقة تعديل لاستيعاب سرعة معطيات أعلى من (28.8) كيلو بت/ثانية.

يمكن توصيل حاسوب مفكرة أو مكتبي (Lap Top) مع وحدة Ricochet ونقله إلى أي موقع في العمل. كانت سرعة الـ 28.8 كيلو بت/ثانية لا تزال عالية نسبياً في سوق عام

---

\* هي إمكانية تسجيل مستخدمين وتشكيل مجموعات وربط أقبية اتصال راديوية مع الشبكة الوطنية السلكية وتحميل بروتوكولات وما إلى ذلك.

1999. نشرت Metricom 5000 قمة صاري في سان فرانسيسكو كلفة كل قمة صاري حوالي (2000) دولار. إن المنظومة مؤثرة جداً. سؤال واحد لم تستطع الصناعة الإجابة عليه لماذا لا تريد Metricom رفع اختراق سوقها باستمرار في سان فرانسيسكو في هذه المرحلة. تركر الـ (Metricom) بدلاً عن ذلك على منظومة شبكة<sup>2/</sup> Ricochet بـ (128) كيلو بت/ثانية.

## 21.5 الايريديوم والغلوبال ستار

الايريديوم منظومة مدار أرضي منخفض (LEO: Low Earth Orbit) (انظر المقطع 9.3). صممت هذه المنظومة عالية التقنية لتغطية العالم باستخدام (77) ساتلاً. الايريديوم تسمية للعنصر الكيميائي ذي الرقم الذري 77. تم تخفيض العدد إلى (66) فيما بعد لكن التسمية أيريديوم ظل محتفظاً بها. تنتقل الإشارة للرسلة من المحطة المتنقلة إلى الساتل بالتبديل (Switching) عبر الفضاء من ساتل إلى آخر. وتعود إلى الأرض حيث تصل إلى وجهتها. مع ذلك وبسبب الكلفة العالية لتشغيل المنظومة وإمكانية التحكم الأقل لسريان الحركة (Traffic Flow) من أية محطة أرضية في الدول الأجنبية. أعلنت منظومة الايريديوم إفلاسها في مارس عام (2000).

الغلوبال ستار منظومة مدار أرضي منخفض أيضاً. تغطي الكرة الأرضية بـ (48) ساتلاً. الغلوبال ستار منظومة ذات تقنية منخفضة، ترسل إشارة المحطة المتنقلة إلى ساتل يعمل كمعيد. لا يملك الساتل أية بدالة لإمرار الإشارة من ساتل إلى آخر.

عندما عرضت خدمة الساتل المتنقلة على المجتمع الدولي كانت معظم الدول غير الأوربية مهتمة بمنظومة الغلوبال ستار نظراً لأن هذه الدول باستطاعتها التحكم بحركة اتصال الساتل وتحافظ على السيادة الوطنية بسهولة أكبر بالمقارنة مع منظومة الايريديوم. هذا مثال ينل على أن الرابع ليس دوماً التقنية العالية. إن مصلحة الزبون وقلقه أكثر أهمية من تفوق التقنية. إن منظومة الغلوبال ستار أقل مخاطرة نسبياً ومنظومة قليلة الكلفة. كلفة الساتل منخفضة، قد يحتاج الأمر لعدد أكبر من بوابات العبور (Gate Ways) مقارنة مع الايريديوم للربط.

## 22.5 المنظومات منخفضة الطبقة (LOW-TIER)

اقترحت المنظومات منخفضة الطبقة عام (1990). عندما كانت كلفة التجهيزات الخليوية لا تزال عالية. تحاول المنظومات المنخفضة الطبقة تقديم جودة منخفضة بخدمة منخفضة السعر. مثل خدمة الهواتف اليدوية الشخصية (PHS: Personal Handy Phone)/25/. انتشرت الـ PHS في اليابان. كان هناك ثلاثة مشغلين NTT, DDI, Astel, استخدمت كبائن هاتفها كمحطات لاسلكية (Cordless) (كمحطة قاعدة) ووصلت المكالمات عبر السلك الهاتفي الذي يشكل العمود الفقري للشبكة السلكية. استخدمت Astel خطوط القدرة الكهربائية لعمودها الفقري مما خفض كلفة منظومتها. كان على DDI أن تقيم عمودها الفقري الخاص بوصلات ميكروية. بدأت المنظومات عام 1995. كان في عام 1998 سبعة ملايين مشترك. مع ذلك، لم تجن أي واحدة من الشركات الثلاث ربحاً في ذلك الوقت بسبب تخفيض التقنية المتقدمة لكلفة التجهيزات الخليوية بشكل كبير. تناقصت تسعيرة (Charge) الخدمة الخليوية أيضاً، كما جعلت المزايا المضافة كالتغطية وقابلية تنقل (Mobility) الخدمة الخليوية جذابة جداً. أرغمت هذه الوضعية تسعيرة خدمة الـ PHS لأن تكون أخفض بشكل ملحوظ كي تكسب لها موطن قدم في خدمات الاتصال الشخصية (PCS: Personal Communication Services). مع أن النهاية الدنيا للـ PCS هي خدمة النداء (Paging)، فإن مجال السعر بين النهاية العالية للخليوي والنهاية السفلى للنداء ليس كبيراً بما فيه الكفاية كي يستوعب منظومة أخرى مثل الـ PHS.

## 23.5 مسألة التوقيت - إستراتيجية ابتكار خدمة

فيما يلي عدة أمثلة توضح التوقيت الحاسم في استحداث خدمات جديدة.

1. يمكن تصنيف الاتصالات اللاسلكية إلى نوعين من الخدمات: ثابتة ومتنقلة باستخدام الإرسال اللاسلكي. في بناء ما بمنطقة سكنية في مدينة، وبعد تمديد الكوابل أو الأسلاك، فإن إضافة سلك جديد أو كوابل جديدة أمر صعب جداً و مكلف. كانت طريقة استخدام الإرسال اللاسلكي للخدمات الثابتة أفضل. بدأت خدمة الوصلة المحلية اللاسلكية (WLL: Wireless Local Link) بعد انتشار خدمة الهواتف الخليوي. استغرقت

الموافقة على خدمة AT&T الخليوية أكثر من عشر سنوات بسبب مزاحمة FCC على طلب AT&T. كنتيجة كان على AT&T أن تتخلى وتدع الشركات السبعة RBOC تبدأ بالخدمة في عام 1984. لو انتشرت في السبعينات منظومة الـ AMPS المطورة من قبل AT&T كما انتشرت الـ WLL، لم تكن لتحصل معركة انتشار نفس المنظومة كما كان معمولاً به في منظومة الهاتف الخليوي في الثمانينات. لو اتبعت هذه الاستراتيجية من قبل AT&T لاختلفت صناعة الاتصالات اللاسلكية بأكملها اليوم. ربما وجدت الـ (FCC) في السبعينات بأن منح جزء من الطيف لخدمة الـ WLL ممكن بغاية السهولة، تماماً كجزء كبير من الطيف (54-806) ميغا هرتز خصصته لصناعة التلفزيون. فيما بعد استطاع نفس طيف الـ (WLL) التشارك مع منظومات الهاتف الخليوي، وبسبب هذه الخطوة استطاعت منظومات الهاتف الخليوي النمو بسرعة ومهلوء قبل أن يتركها الجمهور. يوضح هذا كيف أن التوقيت حاسم عند استحداث خدمة جديدة.

2. لم تكن خدمة النداء (Paging) شائعة في الاتصالات المتنقلة اللاسلكية في الستينيات والسبعينيات في المناطق الريفية بسبب الحاجة إلى استخدام الهواتف لطلب شركات النداء للاستجابة على المناداة. لم تتمكن خدمات النداء من أن تكون مقبولة بصورة واسعة في المناطق الريفية للدول النامية بدون أنظمة هاتف ملائمة.

3. طورت منظومات السواتل المتنقلة لخدمة الاتصالات اللاسلكية العالمية ومن أجل تحسين الخليوي أو خدمات الهاتف PCS. طورت هذه المنظومات في الوقت المناسب عام 1996 وبإمكانها إضافة قيمة للاتصالات اللاسلكية ما دام سعر الخدمة مناسباً.

4. الاتجاه اليوم هو تأمين الاتصالات لاسلكية عريضة النطاق. مع ذلك وحتى تنتشر الكوابل الضوئية على المستوى الوطني فقد تأخر تطوير هذه الخدمة لأن على منظومة الاتصالات العريضة النطاق أن تعمل عند ترددات عالية مثل الأمواج المليمترية أو الوصلات الأشعة تحت الحمراء. بالرغم من أن خسارة انتشارها العالية عبر الوسط اللاسلكي سيئة إلا أن تقانات الأشعة تحت الحمراء و الموجة المليمترية قادرة على معالجة كامل منظومة اتصال لاسلكية عريضة النطاق. لهذا إن عليها أن تكون منظومة هجينة

تستخدم الأمواج المليمترية و الأشعة تحت الحمراء للوصلات القصيرة وبعد ذلك استخدام الكوابل الضوئية للباقي.

## 24.5 كيفية اختيار تجهيزات باعة جيدة

قد لا يعرف مشغلون أو مهندسون ليس لهم خبرة كيف ينتقون تجهيزات باعة بوعمي وخاصة عندما تكون المنظومة حديثة التطوير اعتماداً على معيار جيد. كل بائع يقدم سعره اعتماداً على عدد الـBTS والـBSC والـMCS المطلوبة. وبالرغم من ذلك يجب الانتباه إلى ما يلي:

1. الجودة الراديوية: تؤدي تجهيزات كل بائع بشكل مختلف. قد نحتاج تجهيزات أكثر من بائع واحد لإجراء اختبار في منطقة ما
2. سعة البندلة: لبعض الباعة بدالة (Switch) ذات سعة أكبر من الآخرين. أيضاً إن معالجة الكلمات هامة جداً.
3. المزايا: لبعض تجهيزات الباعة مزايا أكثر من الآخرين. إذا كانت المزايا أقل وسعر التجهيزات أقل فإن علينا أن نسأل ما هي كلفة المزايا المضافة، عندئذ فقط نستطيع إعطاء قرار صحيح حول منظومة ما.
4. منظومة الإنذار والوفرة Redundant: لجميع تجهيزات الخليوي وفرة (زيادة) ومنظومة إنذار. عند تعطل إحدى القطع، تعمل الوفرة مكانها أو إن إنذاراً ينبه عن الحالة. من الضروري امتلاك وفرة جيدة ومنظومة إنذار وهنا يجب تبرير السعر الأعلى. يجب عدم النظر البتة إلى المنظومات الرخيصة السعر بدون وفرة ومنظومة إنذار.
5. برمجيات صيانة المنظومة: يمكن لإمكانات صيانة منظومة جيدة أن تحمل محل مهندسي ميدان كثيرين. يمكن للمعطيات الإحصائية المأخوذة في كل محطة قاعدة يومياً أن تساعد المشغلين على توليف (tune) المنظومة بصورة فعالة. يجب أن لا ينظر إلى منظومة ذات برمجيات صيانة ضعيفة
6. نص الغرامة Penelty Clause: يجب أن يكون نص الغرامة بوضوح في عقد الشراء. إذا لم يحقق تاريخ التسليم أو أداء المنظومة الاتفاق يجب تنفيذ العقوبة. لكن بعض الباعة لا تدفع

الغرامة نقداً، لأنهم يريدون عرض رصيد لشراء آخر بدلاً من ذلك، إن من غير الحكمة تماماً لأجل المشغلين القبول بنص كهذا مع الباعة. إذا كانت الغرامة قد جاءت من أداء ضعيف للمنظومة و أعطى رصيد من الشراء القادم أو من عطاء تجهيزات شراء لسوق آخر جديدي فإن مشغل المنظومة سيعانسي حقاً من أجل استلام المنظومة أو من أن العطاء معتمد على سعر منخفض. يجب أن لا يغري مشغلو المنظومة باستخدام تجهيزات غير مرغوبة لتحقيق مزايا بالسعر.

## 25.5 درس من الخلايا الميكروية لـ Pactel

طورت منظومة خلايا ميكروية امتيازها لـ Pactel عام 1991 بنجاح وكان لها اختباراً ميدانياً ناجحاً<sup>26-29</sup>. ونظراً لأن على Pactel أن تتقيد بشروط الاتفاقية MFJ وليس بإمكانها تصنيع أي منتج جرى البحث عن مصدر خارجي. احتاج الأمر أن يتم إنتاج منظومة الخلايا الميكروية بأسرع ما يمكن نظراً لحاجة السوق، وكانت Pactel خائفة من أن بالعاء كبيراً ربما كان يرغب في دفع رسم ترخيص اقل ويحصل على مدة تسليم طويلة. وجدت Pactel اثنين جديدين لكنهما صغيران، بغية تطوير خلايا Pactel الميكروية. أحدهما كان dB Product في Dallas, Texas والآخر كان 3dBm في (Santa Barbara Calif). طلبت Pactel من dB Product إنتاج صندوق منطقة (Zone Box) (أنظر الشكل رقم 12.5). بموصلات ألياف ضوئية تلك التسي كان بمقدورها الربط مع ناخب للمنطقة في المنطقة الرئيسية (Master). لسوء الحظ بيعت dB Product إلى Allen Telecom في (Cleveland, Ohio). آخر هذا التملك برنامج التسليم لستين. لو كانت فكرت Pactel هذه الحالة على أنها ممكنة الحدوث كان بالإمكان أخذها بالاعتبار ضمن نص في الاتفاقية. كانت شركة 3dBm صغيرة ولكنها شركة حاذقة. طلبت Pactel تصنيع صندوق منطقة خلية ميكروية بوصلة ميكروية عند (23) و(18) غيغاهرتز وذلك كمود فكري للنقل بدلاً من الكوابل الضوئية. كانت وحدة الـ 3dBm جيدة جداً عدا عن أن الشركة لم تتمكن من إيقاف تسرب ماء المطر داخل الجسم المعدنسي (Chassis) الذي صممته لكي يركب على عمود الشبكة العامة (Utility Pole). لم تكن هذه الشركة تمتلك خورة صنع صندوق هيكل معدنسي ضد الماء. تلفت التجهيزات

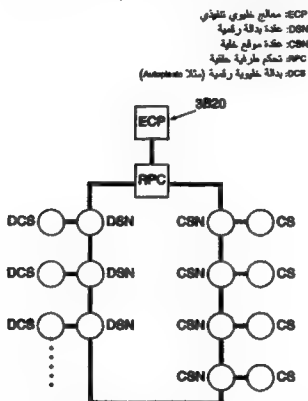


بعد ثلاثة أشهر بسبب الرطوبة وفسد الأداء، واستغرق الأمر من شركة 3dBm (18) شهراً كي تصحح ذلك. تحتاج كل منظومة مبتكرة بتقنية جيدة إلى التوقيت الجيد. إن التوقيت عنصر حاسم للنجاح، وعند فقدان التوقيت تظهر منظومة مبتكرة أخرى لتحل محل القديمة و تستولي على السوق.

### 26.5 بدالات الـ 3B20 لـ (AT&T)

عندما بدأت خدمة الخليوي عام 1985 كانت كلفتها عالية. كانت AT&T قد باعت بدالتها (Autoplex-100) للتو، وهي بدالة مماثلة لكافة أسواق منطقة إحصائية سكانية (MSA: Metropolitan Statistical Area) التسعين لجميع شركات (RBOC). لم يرغب مشغلو خط - لاسلكي (شركة) استخدام تجهيزات AT&T لأسباب تنافسية. لهذا السبب شعرت AT&T في هذه الوضعية بأن معظم أسواق الخليوي التي تستخدم بدالتها ستتمو ببطء شديد بسبب كلفة التجهيزات العالية وكلفة الخدمة العالية في ذلك الوقت. لهذا قصدت AT&T أسواق منطقة خدمة ريفية صغيرة (RSA: Rural Service Area) لبدالاتها. طورت (AT&T) بدالة دائرة رقمية صغيرة دعيت بـ (Autoplex-10). في عام 1987 قرر للتو المشغل الخليوي الرئيسي، Pactel، بأن سعة بدالات (Autoplex-100) لم تكن كافية وبحث عن بدالة رقمية لحمل الحركة العالية. استطاعت AT&T في ذلك الوقت التركيز على تطوير البدالة ذات المقياس الكبير (Large Scale) رقم (SESS) لأجل الخليوي لكنها قررت استخدام المفهوم التوزيقي (Distributed) لزيادة سعة البدالة، كما هو مبين في الشكل (13.5). استخدم المعالج 3B20 من أجل المعالج الخليوي التنفيذي (ECP: Executive Cellular Processor) وهو وحدة تحكم. كانت للنظومة للوزعة معتمدة على وحدات منفصلة (Modules). دعيت البدالة الكبيرة بـ (Autoplex-1000) والتي كان لها بنية وحدات (Architecture) موزعة ومكونة من عدد من بدالات Autoplex-10 كوحدات منفصلة لها (Modules). كانت استراتيجية AT&T في أن البدالة يمكنه الصنع وفق رغبة الزبون (Customer Made) اعتماداً على متطلبات المشغل. لم تتمكن تشكيلة حلقة الرمز (Token Ring) من التعامل مع الحركة الكثيفة. لهذا قررت Pactel عدم استخدام بدالة AT&T الـ (Autoplex-1000).

لكن AT&T لم تعلم بأن الاتصالات اللاسلكية سوف تحتاج إلى سعة أكبر لحركة أعلى ولنطاق أعرض للسنوات الخمسة عشر المقبلة. هذا قرار واحد في استخدام منظومة تبديل (Switching) موزعة بدلاً عن رقم (5ESS) ألم بصورة سيئة منظومة AT&T الخليوية. لو تم تطوير بدالة بمقياس كبير لكانت المزايا الفنية والخدمات قد ربحت مؤكداً حصة سوق كبيرة. تم تطوير الفئة (5ESS) لكن خسارة السوق لم تكن ممكنة التعويض .



الشكل 13.5: تجهيزات تبديل (Switching) خلوية: Autoplex-1000، منظومة لامركزية

## 5.27 وضع أدوات هامة لمنظومات جديدة

نحتاج عند تصميم منظومة ما لأدوات هامة كثيرة. بدون أدوات فإن مَعْلَمَاتٍ رئيسية كثيرة غير ممكنة الحساب.

### 5.27.5 إزالة الانبضات العشوائية من المعطيات

كشفت معطيات التشوير الجمجمة في الحقل الراديوي للتنقل فيما عالياً بشكل حاد لتلوث

ضجيج نبضي. يحتاج الأمر لبرنامج برمجيات لإزالة النبضات عالية المستوى من المعطيات. ليس من السهل تقدير متوسط معطيات الضجيج المرقمة (Digitized) بوجود نبضات عالية المستوى. لا تحمل النبضات أية قدرة. لكن إذا مسكت من قبل الترقيم، فإن عينة النبضة عالية المستوى سوف ترفع متوسط مستوى الضجيج. مثلاً إذا كان هناك ثلاث نبضات بمستوى يفوق بمقدار (20) ديسيبل باقي الـ (256) عينة ضجيج، فإن المستوى سوف يرتفع بمقدار (3.3) ديسيبل.

$$\frac{253+3 \times 100}{256} = 2.16 = 3.3 \text{ dB}$$

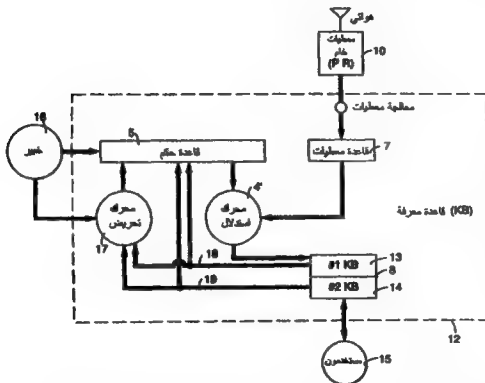
لهذا السبب من الضروري إزالة النبضات في عينات معطيات الضجيج قبل أخذ المتوسط. نظراً لأننا لا نستطيع التحديد بسهولة من المعطيات الرقمية ما هو الضجيج النبضي، تم تطوير تقنية استخدام الطبيعة الإحصائية للضجيج لإزالة النبضات من قبل Lee في محاور بل<sup>30/</sup> على كل جزء من المعطيات الضجيجية أن تذهب خلال برنامج برمجيات قبل إيجاد مستوى الضجيج المتوسط.

## 2.27.5 المقلد (المحاكي) متعدد الأقفية

عند تصميم منظومة محلية ميكروية<sup>26-29/</sup> احتجنا مقلداً متعدد الأقفية لمحاكاة عدد معطى من أقفية مسببة للتداخل. يجب أن يكون لكل منها عرض نطاق قدره (30) كيلو هرتز، وكما هو في الـ (AMPS) سوف تُرسل (transmit) جميع الأقفية بما فيها الأقفية غير المرغوبة عبر منظومة الخلية للميكروية لإيجاد الأداء في نهاية الاستقبال. لم يكن المقلد متعدد الأقفية هذا متوفراً في السوق. إن HP لا تصنعه، كان من الممكن عادةً إيجاد مولد بنغمتين فقط. كان توليد ترددات أقفية متعددة من بحث مفرد ليس سهلاً. وجد Lee حلاً وسجل براءة<sup>31/</sup>. ثم بنسى المقلد متعدد الأقفية. وساعد في تحسين المنظومات للميكروية في التسهيلات.

وجد في عام 1995 تداخل تعديل بينسي (Intermodulation) في أجهزة استقبال الـ CDMA للتنقلة عندما كانت الوحدات المتنقلة قريبة من محطات الـ AMPS القاعدة. حَمَلَت إشارة محطة القاعدة (Loaded) القوة للضخم منخفض الضجيج

(LNA: Low Noise Amplifier) لمستقبل إشارة الـ CDMA، وولدت مركبات التعديل البيني (IN) ضمن نطاق الـ CDMA. وكتيجة، كانت المكالمة تسقط (تتقطع). باعتبار أن نطاق الـ CDMA أعرض، فإن فرصة سقوط مركبات التعديل البيني ضمن هذا النطاق تغلو أكبر. لإيجاد الحل، أراد J. Maloney و C. E. Wheatley من Qualcomm البحث عن مولد متعدد الأتية لمحاكاة للمشكلة لكنهما لم يجدا واحداً في السوق فاستعارا المحاكى من مخبر Lee متعدد الأتية وولدا (28) قناة تدخل AMPS (سيناريو أسوأ حالة) في نطاق الـ AMPS. وجد لاقط الـ CDMA أن ثلاثة عشر نغمة تعديل ينسى وقعت في نطاق الـ (CDMA) والتي كانت قريبة من نطاق الـ (AMPS). زادت هذه النغمات من قدرة المشوش (Jammer). بمقدار (7) ديسيبل تقريباً 32,33. الطريقة الوحيدة لتخفيض تدخل الـ (7) ديسيبل هو في إغلاق للمستخدم منخفض الضجيج عندما تكون الإشارة المستقبلية بالوحدة المتنقلة قوية.



الشكل 14.5: تحكم توصيل بذكاء صناعي (براءة أمريكية رقم 4.999.833 من قبل Lee).

مطبوعات أخرى

Hayes-Rothetal ((منظومة محسوبة بمساء )) 1983،  
P P: 129-131,287-326

الفاحص الأولي Benedict V. Satoune K

فاحص مساعد Alpus H. Hsu

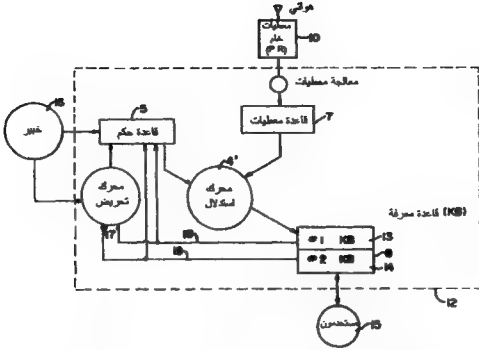
وكيل المحامي لو للملـ Arthur L. Pievy

[57] خلاصة:

منظومة الاتصالات تستخدم ذكاء صناعياً لاتقاء مسارات ترابط بين  
مواقع مختلفة في شبكة اتصالات. إن مثالا مبيناً هو شبكة رزم  
راديوية يتوضع فيها وحدة مستقلة (Module) ذكية في موقع  
راديوي أو أكثر من الشبكة، تطبق سلسلة من أحكام مرشدة  
لتساعده معرفة تم الحصول عليها من حرة الشبكة لاتقاء مسارات  
توصيل عبر الشبكة. تحتوي وحدة الذكاء الصناعي للسطل على  
عسك استبدال (استنتاج) بذاكرة لتعزير معطيات الشبكة تم  
الحصول عليها من مستبل راديوي ولرسلا إلى عرك الاستدلال،  
وذاكرة متصلة مع عرك الاستدلال تتوزن بمسوعة من أحكام مرشدة  
لنظومة الذكاء الصناعي وذاكرة قاعدة معرفة تتوزن معلومات الشبكة  
التي يستخرج عليها عرك الاستدلال. إن ذاكرة قاعدة للعرفة  
قادرة على تزويد راجع لمعلومات الشبكة إلى ذاكرة قاعدة الحكم،  
والتي تستطيع بذلك بتحديد أحكامها. مبن أيضاً مثال لشبكة  
اتصالات متعددة الوسائط

17 ادعاء 10 صفحات رسم

[54] تحكم بتوصيل الشبكة بواسطة الذكاء الصناعي  
William C.lee, Corona Del  
Mar, Calif  
[73] الفوكيل: شركة JTT، New York, N.Y  
APP. No. 287, 742 [21]  
[22] مصدرة 20 ديسمبر 1988  
معطيات التطبيق الأمريكية ذات الصلة  
[63] استمرارية للسلسلة ورقم 125,738، 6 آذار  
(مارس) 1985 المتنازل عنها.  
[51] H04J 3/24 .....Int.Cl<sup>5</sup>  
[52] USCI 370/94.1; 370/58.3...  
370/60, 370/94.3, 340/825.02;340/  
852.06. 364/513  
[58] مجال البحث  
370/60, 94.1, 58.1, 370/58.2, 58.3, 60.1  
94.2, 94.3, 445/62; 364/513; 340/825.02,  
825.06  
[56] مراجع مذكورة  
ونائب البراعة الأمريكية  
4.320.500 3/1982 Barbenis et al.... 370/94.1  
4.601.586 7/1986 Baher et al.... 370/94.1  
4.670.848 6/1987 Schramm.... 364/513  
4.779.208 10/1988 Tsuruta et al.... 364/513



المستند 5D تحكم قابلية توصيل شبكة بالذكاء الصناعي. براءة منحت لـ W. Lee

### 3.27.5 تطبيق الذكاء الصناعي

سجل Lee في عام 1985 اختراعاً/34/ لتطبيق ذكاء صناعي (AI: Artificial Intelligence) عندما كان لدى شعبة الاتصالات الدفاعية (ITT) كان الذكاء الصناعي في ذلك الوقت حقلاً جديداً. لا يعتمد الذكاء الصناعي على طريقة الخوارزمية لكنه يتبع مجموعة من أحكام مرشدة (Heuristic Rules) تقيم في قاعدة الحكم (Rule Base) كما هو مبين في الشكل (14.5). تشكل الأحكام أساس حكم ومعطيات دخل من قاعدة معطيات. يدخل كلا الأحكام ومعطيات الدخل إلى محرك الاستدلال، الذي يؤمن حلاً أو معرفة تحفظ في قاعدة المعرفة (Knowledge Base).

هناك أيضاً محرك تحريض يستقبل الدخل من قاعدة معرفة خيرة لتحسين قاعدة الحكم. استخدم هذا الاختراع في تحكم توصيل الشبكة بالذكاء الصناعي في حال دمرت المحطة الرئيسية (Master Station) في ميدان المعركة. لسوء الحظ لم يملك فاحص الاختراع معلومات كافية عن الذكاء الصناعي لمنح البراءة. لهذا السبب كان على Lee أن يزوده بمادة

قراءة وفيرة عن الذكاء الصناعي (أنظر المستند 5.B). سُجِّلَ اختراع Lee في 6 أيار مايو عام 1985 لكنه لم يمنح البراءة قبل 12 آذار مارس عام 1991.

## 28.5 مراجع

1. FCC rule making "40 MHz Spectrum Shared with Wireline and Wireless Companies," January 1981.
2. U.S. Court of the District of Columbia "United States of America vs. Western Electric Company, Incorporated, and American Telephone and Telegraph Company -MFI," Civil Action No. 82-0192, August 24, 1982.
3. W. C. Y. Lee, "Sharing Spectrum and Harmful Interference," *VTC-2000 Spring*, Tokyo Japan, May 15-18, 2000, Conference Record, pp. 1778-1781.
4. B. G. King, "Experiment Using Light Transmission" A letter to Mr. T. F. Sullivan, Maintenance Supervisor, Empire State building, on December 18, 1972.
5. W. C. Y. Lee, "Measuring Apparatus of Millimeter Wave Propagation in New York City," Bell Labs Memorandum for Record, April 12, 1974.
6. W. C. Y. Lee, "Studing the Advantage of Using a Diversity System Between Millimeter Wave Link and Optical Wave Link in Metropolitan Area," Bell Labs Memorandum for Record, March 25, 1974.
7. L. H. Von Ohlsen and C. N. Dunn sent the Impatt Diodes from Bell Labs (Reading, Pennsylvania), Bell Labs Internal Memorandum, June 7, 1972.
8. D. A. Gray, "Impatt Diodes," Bell Labs Internal Memorandum, Dec. 11, 1972.
9. W.C.Y.Lee, "Impatt Diode," Bell Labs Memorandum to C. N. Dunn, January 17, 1974, reported on the operating status of 14 diodes.
10. W. C. Y. Lee, "Measuring Apparatus for Millimeter Wave Propagation in New York City," Bell Labs Memorandum for Record, April 12, 1974.
11. W. C. Y. Lee, *Mobile Cellular Telecommunications, Analog and Digital Systems*, 2<sup>nd</sup> ed., New York: McGraw-Hill, 1995, pp.646-650.
12. W. C. Y. Lee, "No Cost and Fast Time in Obtaining the Signal Attenuation Due to Fog Alone" Bell Labs Memorandum for Record, May 10, 1974.

13. S. H. Lin, "Rain-Rate Distributions and Extreme Value Statistics," *Bell System Tech J.* 55:1111-1124, October 1976.
14. W. C. Y. Lee, "A Simple Method of Obtaining Statistics on Signal Attenuation Due to Rainfall in Major U.S. Cities," Bell Labs Memorandum for File, June 9, 1975.
15. W. C. Y. Lee, "An Approximation Method for Obtaining Rain Rate Statistics for Use in Signal Attenuation Estimating," *IEEE Trans. on Antenna and Propagation*, AP-27: 407-413, May 1979.
16. "Cordless Telephone 2/Common Air Interface (CT2/CAI)," *Managemant of International Telecommunications*, MIT 12-850-201, Delran, NJ: DataPro Information Services Group, February 1994.
17. CDI System, "The CDI System Specifications," Cellular Digital Incorp., 1994.
18. CDPD- Cellular Digital Pocket Data, Cell Pat. Plan II Specification," San Diego: PCSI Co., January 1992.
19. W. C. Y. Lee, "Data Transmission via Analog Cellular Systems," ICUPC Proceedings, San Diego, Calif., September 27-October 1, 1994., pp. 521-525.
20. Ellen Kayata Wesel, *Wireless Multimedia Communications*, New York: Adison-Wasely, 1998, pp.277.
21. Narrow-AMPS, "A Bridge to the Digital Future," CTIA Technology Forum, Chicago, Illinois, Dec. 6, 1990.
22. W. C. Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunications, *Analog and Digital Systems*, 2b ed., New York, McGraw-Hill, 1995, pp. 414-417.
23. Graham Haddock, "Nextel Base Station Interference," a Motorola memo to Pactel Co.
24. Metricom, "Metricom's Strategy Based on Huge Number of Users," *Mobile Data Report* 5(16), August 16, 1993.
25. Personal Handy Phone (PHP), Personal Handy Phone Standard Research Development Center for Radio System (PCR), CRC STD-28, December 20, 1993.
26. W. C. Y. Lee, "Microcell System for Cellular Telephone System," U.S. Patent 4,932,049, June 5, 1990.
27. W. C. Y. Lee, "Small Cell for Greater Performance," *IEEE Communication Magazine*, November 1991, pp. 19-23.



28. W. C. Y. Lee, "An Innovative Microcell System," *Cellular Business*, December 1991, pp. 42-44.
29. W. C. Y. Lee, "Applying the Intelligent Cell Concept to PCs," *IEEE Trans. on VT*, vol. 43, August 1994, pp. 672-679.
30. W. C. Y. Lee, "A Technique for Estimating Unbiased Average Power in the Presence of High Level Impulses," *ICC '80 Conference Record*, 1980, pp. 24.3.1-24.3.5.
31. W. C. Y. Lee, "Frequency Signal Generator Apparatus and Methods for Simulating Interference in Mobile Communication System," U.S. Patent 5,220,680, June 15, 1993.
32. Charles E. Wheatley and J. Maloney, private communication, October 2, 1995.
33. W. C. Y. Lee, *Mobile Communications Engineering*, 2<sup>nd</sup> ed, New York: McGraw-Hill, 1998, pp. 592-594.
34. W. C. Y. Lee, "Network Connectivity Control by Artificial Intelligence," U.S. Patent 4,999,833, March 12, 1991.



## تطبيق تقسيم الرمز متعدد النفاذ CDMA

- 1.6 ما هو الـCDMA؟
- 2.6 ما هو الطيف المنشور؟
- 3.6 لماذا يعمل الطيف المنشور تحت تأثير تشويش قوي؟
- 4.6 نشوء الـCDMA
- 5.6 فلسفة نشر الـCDMA
- 6.6 صفات (خصائص) الـCDMA
- 7.6 العصر المظلم للـCDMA
- 8.6 نموذج انتشار الـCDMA الكوري
- 9.6 اخترعت Qual Comm الـCDMA وكوريا أنقذت الـCDMA
- 10.6 اختيار منظومات الـCDMA للجيل الثالث 3G
- 11.6 مسألة طيف الجيل الثالث العالمي
- 12.6 حامل واحد مقابل حامل متعدد
- 13.6 مراجع

## 1.6 ما هو الـCDMA؟

الـCDMA هو طريقة نفاذ متعدد/1 تُعَيَّن تنابعاً ذا رمز خاص (تؤدي دوراً كقناة حركة) للفريق الطالب (calling party). إن قناة الحامل بكل منظومة CDMA هي حامل تردد راديوي عريض النطاق، يحمل تنابعات (sequences) رمز مختلفة كثيرة أو أقينة حركة مختلفة كثيرة. في أوائل الثمانينيات طُبِّقت منظومة CDMA على منظومة اتصالات السواتل لإرسال معطيات ذات سرعة عالية. إلا أن منظومة الـCDMA لم تستخدم من أجل المنظومات المتنقلة الأرضية في الثمانينات.

يمكن مقارنة منظومتين شائعتين FDMA، و TDMA مع منظومة الـCDMA. إن البنى الراديوية للـFDMA والـTDMA متشابهة. تشبه كل قناة من أقينة الـFDMA الترددية وأقينة الـTDMA ذات النوافذ الزمنية (Time Slots) فريقين يتحدث كل منهما من غرف معزولة بلا أي تداخل. يمكن تقسيم المبنى إلى غرف كما هو مبين في الشكل رقم (6-1-أ) إن مقاسات الغرف مشابهة لعرض النطاق الترددي أو مدة النافذة الزمنية. ومع ذلك إن بنية الـCDMA مختلفة عن الـFDMA والـTDMA. يشبه الحامل الترددي للـCDMA قناة عامة كبيرة مليئة بالناس الذين يتحدثون مع بعضهم البعض. كما هو مبين في الشكل رقم (1.6 ب). لا توجد جدران عازلة للأصوات لهذا على المتواجدين التحكم بأصواتهم بحيث يتمكن كل فرد من التحدث بنفس الوقت. مثال جيد قاعة غداء رسمية حيث يحافظ الناس المتواجدون على أصواتهم المنخفضة إذ يثير الهدوء البالغ الدهشة عند الدخول إلى هذه القاعة حيث العدد الكبير من الناس المتواجدين فيها. إن التحكم بالقدرة (Power Control) في منظومة الـCDMA لكل قناة حركة هو هام جداً لأن جميع أقينة الحركة تتشارك بنفس قناة الحامل الراديوي.

من وجهة نظر أخرى يمكن لمنظومة الـCDMA أن تعمل بصورة مشابهة لتحاكي حفلة كوكتيل (Cocktail)/2. عند إقامة حفلة كوكتيل تسمع الأصوات من مسافة بالكاد يتمكن الضيوف من سماع بعضهم البعض، لهذا يرفعوا أصواتهم. بعد وقت قصير تلبو كافة الأصوات في الغرفة عالية وتملأ الغرفة بضجيج عال غير مفهوم. وكتيجة لا يمكن لأي شخص في الحفلة أن يتمتع بالمحادثة. بدون تحكم في القدرة سيكون لمنظومة الـCDMA

النتيجة نفسها كما هو حال حفلة الكوكبيل. لا يمكن لمنظومة الـ CDMA العمل جيداً دون تحكم مناسب بالقدرة.

## 2.6 ما هو الطيف المنشور؟

يطبق تعديل الطيف المنشور (SS: Spread Spectrum) بصورة مناسبة على منظومة الـ CDMA لأن منظومة الـ CDMA تستعمل تتابعاً رمزياً (Code Sequence) ليس فقط لإرسال معلومات معطيات ولكن أيضاً لإرسال تتابع رمز العنوان (Address Code) والمنشئ المُرَفِّ (Identified Originator) المطبق على معلومات للمعطيات. كمثال، يمكن تمثيل بت معلومات (Information Bit) بتتابع (Sequence) بتات مرمزة (Coded Bits) ندعوها شبكات (Chips). إذا كانت البت ممثلة بـ (100) شبة فإن طيف بتات المعلومات تحتاج للنشر مائة ضعف من طيف الشبكات. يدعى هذا بالطيف المنشور. استخدمت تقنيات الطيف المنشور لمكافحة تشويش تداخل العدو منذ الستينات. لكننا نستخدم في الـ CDMA الخليوي الطيف المنشور (SS) لزيادة السعة الراديوية. بالحقبة إن التعديل الترددي المخترع من قبل Edwin Howard Armstrong هو الطيف المنشور السابق. أدرك Armstrong أنه ينشر إشارة للمعلومات عبر نطاق أعرض، وأمكن تخفيض ضجيج المحيط. يعرف انحراف إشارة التعديل الترددي (FM) بدليل التعديل (Modulation Index) ويعطى بالعلاقة  $m = \Delta F / W$  وهو عبارة عن حاصل قسمة الانحراف الترددي على عرض نطاق المعلومات. من أجل الـ (AMPS) إن  $\Delta F = 12 \text{ kHz}$ ،  $W = 3 \text{ kHz}$  (طيف الإشارة الكلامية) إذن دليل التعديل  $m=4$ . يمكن اعتبار دليل التعديل كربع المعالجة لتعديل الطيف المنشور (PG: Processing Gain) في منظومة cdma One، إن معدل معطيات نطاق القاعدة هو  $R = 9.6 \text{ Kbps}$  وعرض نطاق معدل الشبة هو  $B = 1.2288 \text{ MHz}$ .

إن PG هو:

$$PG = \frac{1.2288 \times 10^6 \text{ Hz}}{9.6 \times 10^3 \text{ bps}} = 128$$

لذا فإن PG تساوي (4) من أجل الـ (FM) و (128) من أجل منظومة cdma One.

تحتاج منظومة (cdma one) لأن يكون (PG) عالياً لأن منظومة الـ CDMA تستخدم الطيف المنشور لتقليل التداخل، وبالنتيجة تزداد سعة المنظومة. وهكذا يستخدم الـ FM الطيف المنشور (SS) لتقليل ضجيج المحيط (أي لزيادة نسبة S/N) وتستخدم الـ cdma one الطيف المنشور لتقليل التداخل.

إذا لم يكن الوسط الراديوي حاوياً على ضجيج قوي أو على تداخل فاستخدام الطيف المنشور (S.S.) يكون إسرافاً لذا لا توجد طريقة تعديل أحسن من الأخرى في الاتصالات. يجب أن نفهم أولاً الوسط الراديوي (الضجيج والتداخل ...) ومن ثم نحدد التعديل المناسب.

### 6. 3 لماذا يعمل الطيف المنشور تحت تأثير تشويش قوي؟

تحت تأثير تشويش قوي للعدو، من الممكن مستوى قدرة التشويش أن يصل لمستوى  $10^5 = 50$  ديسيبل أعلى من قدرة مستوى الإشارة المستقبلة، كما هو مبين في الشكل رقم (2.6). كيف يستطيع بعد ذلك جهاز الاستقبال استقبال إشارته؟ سنوضح في هذا المقطع قيمة تعديل الطيف المنشور. علينا أولاً أن نعرف معادلة عامة للأنظمة الرقمية. يمكن التعبير عن النسبة  $C/I$  بـ:

$$[1.6] \quad \frac{C}{I} = \frac{E_b \cdot R}{I_o \cdot B} = \frac{E_b / I_o}{B / R}$$

حيث أن  $E_b$  القدرة لكل بت، ( $R$ ) معدل الإرسال (بت/ثانية)، ( $I_o$ ) قدرة الضجيج لكل هرتز، ( $B$ ) عرض نطاق القناة. يتم الحصول على قيمة ( $C/I$ ) عند مستوى التردد الراديوي. يمكن أن تكون أكبر أو أصغر من الواحد. تقلس النسبة  $E_b/I_o$  عند نطاق القاعدة وهي أكبر من الواحد دوماً. عادة إن  $(E_b/I_o \geq 10 \text{ or } 10 \text{ dB})$

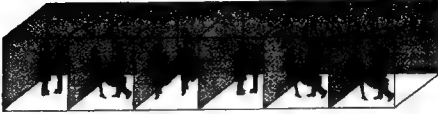
يمكننا أن نفترض حالة بأن المشوش (I) هو  $10^5$  مرة أقوى من الإشارة المرغوبة (C) أي أن:  $10^5 = I/C$ . إن  $E_b/I_o = 10$  عند نطاق القاعدة ومعدل الإرسال هو (100) بت/ثانية. الآن في أية حالة يمكن للطيف المنشور أن يساعد في مقاومة التشويش؟ لنطبق المعادلة [1.6] ونعوض بالقيم

المفروضة بالمعادلة:

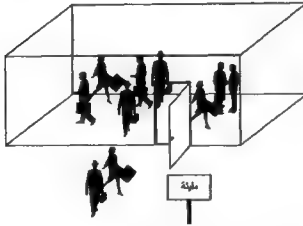
$$\frac{C}{I} = \frac{10}{B/100} = \frac{1000}{B}$$

$$B=10^8 \text{ Hz} = 100\text{MHz}$$

عندئذ يكون B:

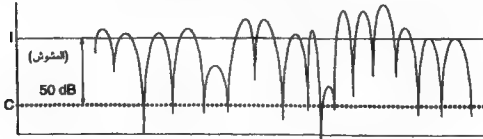


أ) المشاهدة مع الـ (TDMA) أو الـ (FDMA) التحدث بغرف مستقلة



ب) المشاهدة مع الـ (CDMA) التحدث بقاعة رقص

الشكل 1.6: أ) المشاهدة مع الـ (TDMA) أو الـ (FDMA): التحدث بغرف مستقلة (ب) المشاهدة مع الـ (CDMA): التحدث بقاعة رقص



الشكل 2.6: تأثير تشويش قوي على مستوى إشارة مستقبلية

الجواب هو أنه باستخدام طيف منشور بعرض نطاق (100) ميغاهرتز يمكن مكافحة تداخل العدو. إن (PG) لهذه المنظومة هو:  $100 \text{ MHz} / 100 \text{ bps} = 10^6$  أو  $\text{PG} = 60 \text{ dB}$ . يساعد الشكل رقم (2.6) في شرح السبب الفيزيائي في أن (I) و (C) هما قيمتا القدرة المتوسطة لدخل كل منهما الآتسي (Instantaneous inputs). لذلك حتى ولو كان التشويش قوياً جداً هناك فترات زمنية واضحة بالقة الصغر (tiny) كثيرة من الإشارة الآتية غير معرضة للتدخل. بتطبيق الطيف المنشور (S.S.) وتوليد (create) كمية كبيرة من الفيض (الوفرة) (redundancy) يمكن استقبال الإشارة الضعيفة المطلوبة.

#### 4.6 نشوء الـ CDMA

كانت شركة Qualcomm المؤلفة من (200) موظف واقعة في (San Diego, Calif.) قد تشكلت عام 1985. كان عملها الرئيسي في البدء التعقب بكل الاتجاهات (Omni Track)، وهي المنظومة التي تعقب الشاحنات. في شباط (فبراير) عام 1989 زار عشرة أشخاص رئيسيون في شركة Qualcomm برئاسة Erwin Jacobs و Andy Viterbi - شركة Pactel (هي الآن Airtouch)، قدم لهم Klein Gilhausen منظومة الـ CDMA للاستخدام الخليوي. كانوا يتحدثون عن الـ CDMA المطبقة على الاتصالات الساتلية بغية تطبيقها على الخليوي. أفاد W. Lee من Pactel بأن الظاهرة الوحيدة الواجب أخذها بالاعتبار في الخليوي كانت تداخل المحطة المتنقلة القريبة على المحطة المتنقلة البعيدة. أو ببساطة التداخل القريب - البعيد. وعلى مسألة التداخل القريب - البعيد أن تُحل باستخدام طريقة تحكم القدرة في الـ CDMA قبل تطبيق الأخير على الخليوي. كانت طرق تحكم القدرة للـ (FDMA) و (TDMA) أسهل بكثير، أما بالنسبة للـ CDMA فلم تكن سهلة ولم تكن مهمة واضحة آنذاك. في عام 1989. على الـ CDMA التحكم بقدرة كل تابع. مز (Code Sequence) ضمن القناة الراديوية. كان W. Lee من Pactel قد درس منظومة الطيف المنشور ومنح برائتين 3,4 في اتصالات الطيف المنشور قبل عام 1985. أدرك صعوبة إيجاد طريقة تحكم بالقدرة للـ CDMA على الاتصال الخليوي. في نيسان 1989 زارت عناصر من Qualcomm شركة Pactel ثانية. وجدوا حلاً لتحكم القدرة في أفنية الـ CDMA المرمزة. بعد تقلم



عرضها لتحكم القدرة الناجح طلبت Qualcomm مبلغ (200.000) دولار للتعاقد على الدراسة من Pactel، في ذلك الوقت اقترح Lee نائب رئيس التقنية المشتركة على J. R. Hultman، acellular CEO و F.C. Farrell نائب رئيس قسم الشبكة بأن الدراسة الورقية لـ Qualcomm ستكون بلا فائدة لـ Pactel. قالت Pactel بأنها قد تدعم Qualcomm بإعطائها مليون دولار إذا كانت رغبة في تسليم بيان عملي demonstration عن الـ CDMA خلال ستة أشهر. قبلت Qualcomm. كان السبب بإلغاء عرض الـ (CDMA) خلال ستة أشهر هو التصويت آنذاك على أن المنظومة الرقمية الأمريكية (TDMA) هي معيار المنظومة الرقمية وكانت في مرحلة كتابة المواصفات. عقدت ندوة حول المعايير الرقمية وحول تقانات الجيل الخليوي القادم برئاسة W.Lee (المستند 6-A). إن إخراج الـ CDMA للعموم بأسلوب توقيتسي (Timely Manner) كان مهماً جداً. أثبت الـ CDMA نظرياً بأن سعتها عشرة أمثال سعة المنظومة AMPS. كان هذا ما تبحث عنه كل من الـ ARTS والـ CTIA (انظر المقطع 6.3).

طلب Jeff Hultman من Lee مساعدة فنية في عرض Qualcomm. وأن يكون في Qualcomm مرة على الأقل بالأسبوع. كان Hultman و Farrill يعالجان قضايا عرض أخرى، مثل إخلاء ترددات Pactel (على الأقل 42 قناة) في سوق Pactel في سان دييغو لعرض الـ CDMA. استخدم للعرض موقعا خلية لـ (Pactel) مع موقع قيادة Qualcomm. كان العرض معجزة. يستغرق شراء أي من القطع الإلكترونية في الولايات المتحدة، حتى مقاومة من أربعة إلى ستة أسابيع. كيف استطاعت منظومة مبتكرة أن تكون معدة جاهزة من مسودة (scratch) إلى عرض بيان عملي في ستة أشهر؟ عدلت الوحدات المتنقلة والمحطات الثابتة من الوحدات القائمة. عدلت البديلة (المقسم) للـ CDMA من البديلة القائمة PBX صمم بروتوكول الوصلة الأمامية والعكسية، ونفذ التحكم بالقدرة. كان كل شيء تقريباً تجربة لأول مرة، وهذا الدافع عمل مهندسو Qualcomm ليلاً نهاراً. لم يكن مدهشاً أن تطلب غير Qualcomm في منتصف الليل فتجد C.Whitley و B.Weaver و R. Padovani وعناصرهم ما يزالون هناك. قيادة جيدة، مهارات ممتازة، وعمل شاق جعل

من الممكن تحقيق الهدف الذي كان حلمًا.

طلبت Qualcomm في أيلول (سبتمبر) 1989 مليون دولار آخر (إضافة إلى توظيفها الخاص) لكي يكون العرض منتهيًا في تشرين الثاني (نوفمبر) 1989. كان Hultman قلقًا بعض الشيء وسأل Lee عن رأيه خلال اللقاءات المشتركة مع Qualcomm، أجاب (Lee) على أسئلته بنعم. كانت (Qualcomm) سعيدة جدًا، ليس فقط بسبب المليون، ولكن أيضاً من الدعم القوي من مُشغِّل كبير مثل Pactel والذي قد يساوي أكثر.

جرى البيان العملي (Demonstration) في 3 نوفمبر تشرين الثاني 1989 في موقع قيادة Qualcomm في وادي Serrendo، جاء حوالي ستين مشتركًا، بما فيهم شركات محلية وأوروبية وكورية ويابانية. استكمل العرض بنجاح. وُزعت خلال العرض نشرة إعلانية. (انظر للمستند B-6). طُبعت وجهات نظر Lee عن الـ CDMA على الصفحة الأولى من النشرة الإعلانية، كما أعد شريط فيديو خلال العرض. كان صدمة للصناعة الخليوية، لكن عرض البيان العملي لـ Qualcomm أعطى صناعة الولايات المتحدة الخليوية ثقة أكبر وأكد بأن الشركات الأمريكية ذات قدرة قوية للتفوق التقني.

لم تكن Qualcomm شركة بائع خليوي في عام 1989، لكن Lee كان معروفًا في الصناعة الخليوية، وفهم تمامًا بأن الـ CDMA سعة أكبر من الـ TDMA. في كانون الثاني (يناير) 1990 أخذ Lee المبادرة وقدم ندوة ليوم واحد/5 عن الـ CDMA الخليوي مدعومًا من الـ IEEE في سان فرانسيسكو (الشاطئ الغربي) وتم ذلك في قاعة مسرح بل الباسيفيكي. حضر هذه الندوة أكثر من 200/ شخص. في آذار/مارس 1990 ذهب Lee إلى الشاطئ الشرقي للولايات المتحدة ليعقد ندوة علمية مماثلة ومدعومة من قبل الـ IEEE في نيوجرسي ومن مخبر Dave Goodman's WIN في جامعة روتروغر (المستند 6C/6). تحدث Lee في مايو 1990 حول الـ CDMA الخليوي في IEEE VTC'90 في نيوجرسي (المستند 6D). في 2 كانون الأول ديسمبر لعام 1990 سلم Lee ورقة وشارك في ورشة عمل حول الـ CDMA في مؤتمر (IEEE Globe Com Conference, San Diego, California) (7,8).

ولّد تقديم عروض Lee الأربعة عن منظومة الـ CDMA الخليوية موجة قوية لدى جمهور الخليوي الرقمي أوائل عام 1990. نُشر إصدار خاص بعد ذلك في عام 1991 في

الدورية العلمية التي (IEEE Transactions on Vehicular Technology) التي أشرف على تحريرها Lee كان هناك ثلاث ورقات CDMA، الأولى مراجعة Lee للـ CDMA 1/1، والثانية لـ (K. Gelhousen et al) "حول سعة المنظومة CDMA الخلوية" 9/9، والثالثة لـ (R. Pickholtz et al) حول "الطيف المنشور لأجل الاتصالات المتنقلة" 10/10.

رئيسية	الجيل القادم لمنظومة الهاتف الخليوي الأرمنية: ندوة ليوين برعاية الجمعية لتكنولوجيا الاتصالات و الخليوي
علمية	الاتحاد صناعة الاتصالات ETIA/TIA TTC-46.2
معلمة	



المستند (6A) ندوة ليوين حول معيار الخليوي الرقمي برعاية TIA

**مجلس صناعة الاتصالات TIA**  
TIA: Telecommunication Industry Association

تم جعل حرف لي في هذا القراءات  
2000/393 (J.W. Marriot) مسو. مجلس (89)  
ندوة ليوين ندوة أو مزدوجة، المجهزة باسم  
ندوة الخليوي الرقمي 45-صناعة الاتصالات.  
يتمتع بالتشغيل بتاريخ 1 آب 1988. اندخل بعد  
الصفحة 15 الخروج طويلاً، يتم التذييل (J.W. Marriot)  
1321 Pennsylvania Avenue, NW, Washington, DC  
وهو قريب  
بمسؤول ليوين من الشارع الوطني ويمكن الوصول  
بمساحة القارورة مسكة حديد واشنطن.

لنظم Continental/Esser Africa  
تعرض للجمهور الجوية (Continental) (Benoit)  
تخلصاً أساساً بناءً على القليل. لا توجد مدة محددة  
للإقامة بالنسبة للمركبة، والندوة الأولى أو شرط  
الجمهور المسبق ولا غرامة عند تجميل خط التبريد  
أو الإقامة للطلاب مسبقاً للرحلات الخاصة المحددة  
بالتقوية الخاصة ذات محل عدم الحقن.  
يبلغ التكلفة عادة من 100 إلى 150 دولاراً من قسمة من قسمة  
5 مساهمات حتى 9 مساءً (إجماليات ترميز) طلب  
8 مساهمات حتى 9 مساءً (إجماليات ترميز) طلب  
(800/468-7022) وأقرب إلى رقم القلا القليل  
التخفيض. EZZBP468 950 للبركة و  
950 للندوة الأولى 950 على أمور الرحلة  
(المسجلة) من 12 ليلة لي 26 في 1988.



## تسمية للمستد 6.A

### مراجعة

الجلسة 19 آب (أغسطس)	الجلسة 18 آب (أغسطس)
8 صباحاً: عروض منظومة رقمية	9 صباحاً: منظور حامل خلوي حول تقنيات راديو حديثة. للنظم:
رئيس الجلسة Peter Nure: (moderator) من Novatel	Dennis M Rucker مدير التخطيط لدى Ameritech Mobile
ورئيس لجنة معايير (TIA/TR-45.3) بلي وصف الممارسة	Communication ورئيس اللجنة الفرعية لـ (CTIA) لتقنيات
(TR-45.3) سيقدم موردي التجهيزات الرئيسيون مثل	الراديو اللاسلكي للنظم. تشمل المواضيع:
(AT&T)، اريكسون، (IMM)، موتورولا، (NEC)، بورتون	• مراجعة وملخص جهود الـ CTIA
تليكونم. عروض منظومة والتي تتضمن اعتبارات معلومات	• الخطوط العامة لمواصفة أداء للمستخدم
(Parameters) التصميم للحامه مثل:	• متطلبات تقنية الراديو الحديثة، السعات، للزوايا، الخدمات.
• بنية للنظومة	• اعتبارات اقتصادية
• تردد الراديو (RF) وعوامل الانتشار	• جودة الخدمة والانسجام Compatibility
• البروتوكولات	• ماذا تعرضي تقنيات الراديو الحديثة على الأسواق أقل من المرتبة (10)

للتحدث: Richar Note Baert رئيس Ameritech	للتحدث: Patricia Diaz Dennis وكيل FCC
Mobile Communication	
2 بعد الظهر: لائحة مناقشة حول عروض رقمية للمنظومة	1.30 بعد الظهر: منظور دولي وقواعد
الخلوية الأمريكية القادمة.	للنظم: Frank L. Rose رئيس فرع للمعايير الفنية يتطرق بمثلون من
رئيس الجلسة: Jesse E. Russell مدير محرر الإرسال الخلوي	كندا وأوروبا والـ (FCC) لتطوير الخلوي من وجهة نظرم
لـ (AT&T) ورئيس قسم الحامل للشرك الراديو والـ	3 بعد الظهر: مراجعة تقنيات الجيل القادم الخلوية
(TIA) الخلوي	للنظم: Dr W.C. Lee خلوي Pactal ستناقش لائحة من الفين
ستتيح جلسة الاستخلاص هذه للحضور توجيه أسئلة	للمواضيع:
للمدكورين باللائحة بمواضيع مثل:	• TDMA و FDMA
• تشغيل منظومة مشغل بينة	• الترميز الكلاسي
• انتقال شبكة (transition)	• ترميز لفئة
• عوامل اقتصادية	• تعديل الفلاش الثابت والخطي
• انضمام رقمي/عائلي	• مرصود الطيف
• ترميز: (Roaming)	• 6.30 بعد الظهر
• التحكم بمخدم الفوترة	• استقبال

نقطة نقاش الخلوي الرقمي (أغسطس)

ضد J.W. Marriot — 18 19 آب 1988 — واشنطن دي سي

للمرأة لـ: Suzanne Mullendore TIA, Suite 400

1722 Eye Street, NW, Washington DC 2006 202/457/4937

الاسم: اسم المعلقة: من أجل اللوحة (Badge)

هاتف: الشركة:

المنوان:

الكلفة: 395 دولار للفترة 88/1/7 إلى 88/12/8 و 495 لـ 88/12/8

الذبح للسيق مطلوب — الإلغاء الخطي مقبول حتى 12 آب. الذبح: منظم على شكل شك — (الأمر: TIA)

القناة الحقيقية للـ CDMA هي  
طبيعة المحادثة الإنسانية. دورة  
لمعالم الكلام الإنساني هي 35%  
تتلى لنا الكلام فقط خلال 35 بالمئة  
أو ثلث الوقت وفي الوقت البقي  
نحن في حالة استماع. عندما  
يكون المستمعون مخصصون  
بتلك دون أن يتملأوا، يستفيد  
جميع الآخرين على قناة إيزيكية  
CDMA مفردة لهذا في دورة  
المحادثة الكلامية تخفض الكتل  
المشتركة بنسبة 65%. مما يزيد  
من سعة القناة.  
إن الـ CDMA التقنية الوحيدة  
التي تتكلم من هذه الطاهره.  
Dr. William C.Y. Lee  
ناكب ونهوس التقنية المشتركة  
خالوي Pactel



**PAC TEL**  
خالوي

لزيد من المعلومات عن منظومة الخالوي الرقمية اتصل مع  
Qumcomm Inc. بكتابة إلى:  
10555 sorrome valley road, San Diego,  
CA 92121-1617, Att: sales  
هاتف: 619-587-1121-Ext 336  
فاكس: 619-452-9096

عرض CDMA  
3 تشرين الثاني نوفمبر 1989  
Qumcomm Inc, San Diego

المستند (6B): نشرة إعلانات عرض CDMA، 3 تشرين الثاني نوفمبر، 1989

احتاجت في الماضي كل منظومة جديدة لعشر سنوات على الأقل للتطوير قبل أن تكون  
قابلة للتطبيق تجارياً. استغرقت مثلاً الـ AMPS على الأغلب عشرين عاماً، استغرقت  
منظومة الـ GSM عشر سنوات، و (TDMA) لأمريكا الشمالية (IS-136) سبع سنوات.  
لكن استغرقت منظومة الـ CDMA خمس سنوات فقط مما جعل تطويرها الأسرع في  
التاريخ.

# WINLAB

عبر شبكة معلومات لاسلكية

RUTGERS جامعة

بالاشتراك مع

جمعية النقابة للركبية IEEE تقدم

حلقة دراسية تثقيفية حول

تقانة نفاذ راديوي CDMA/طيف منشور

من قبل

Dr. William C.Y. Lee

خليوي Pactal

Sheraton Regal Inn

Kingsbridge Road

Piscataway NJ 08854

(908)469-5700

المكان في فندق:

التاريخ: 25 نيسان أبريل 1990

الوقت: 10 صباحاً - 3.30 مساءً

الرسوم: 100 دولاراً (75 دولاراً للرعاة WINLAB)

يشمل غداء يوفيه

التوجه إلى فندق Sheraton Regal: من الطريق 287S عند المخرج 5 (High Land Park) ثم يميناً على طريق النهر. من 287N عند المخرج 5 (High Land Park) ثم يساراً على طريق النهر. مباشرة من شارع River Jug-handle يساراً إلى شارع (Continental Avenue) ويساراً ثانية إلى طريق (Kingsbridge Road) التسجيل محدود. لتجنب غيبة الأمل، الرجاء ملء الاستمارة أدناه وأرسالها قبل 30 نيسان إلى:

Elizabeth Normyle

WINLAB Business Manager

Box 909, Piscataway NJ 08855-0909

Fax: (908) 932-3693

Phone: (908) 932-5954

معاملة: تقانة نفاذ راديوي CDMA/طيف منشور

الاسم: \_\_\_\_\_

العنوان: \_\_\_\_\_

الهاتف: \_\_\_\_\_

الرجاء غلّف رسم تسجيل (100 دولار. تأكد من أنه لأمر (WINLAB)

من أجل الرعاة WINLAB :

الرجاء غلّف رسم تسجيل (75 دولار واكتب العبارة "WINLAB Sponsor" على الشيك، تأكد من أنه لأمر (WINLAB)

المستند 6C ندوة تثقيفية حول تقانة نفاذ راديوي CDMA/طيف منشور في جامعة Rutgers

لائحة القوائم الخلية الرقمية  
الرئيس: Dr. William C. Lee  
الوقت: 7.30 – 9.30 PM  
7 أيار مايو، 1990

• مراجعة إعداد معيار أمريكا الشمالية

Dr. Peter Nurse

• مرمرات الكلام

Dr. James Mikulski

• مخطط (TDMA)

Dr. Jan Uddenfeldt

• بنية القناة

Dr. John Marinho

• مخطط (CDMA)

Dr. William C. Lee

• مخططات تعديل

Dr. Kamilo Feher

مؤتمر تقانة مركبة للـ(IEEE)

ORLANDO, FLORIDA

6-9 أيار مايو 1990

المستند (6D) لائحة تقانة الخليوي الرقمية، IEEE VTC'90

## 5.6 فلسفة نشر الـCDMA

جميع أفنية الحركة في الحامل الراديوي للـ(CDMA) معتمدة على بعضها البعض. فهي تشارك القدرة الكلية. عندما تكون الوحدة المتنقلة قريبة من موقع الخلية، فإنها ترسل قدرة أقل إلى موقع الخلية وتدع الوحدة المتنقلة البعيدة ترسل مزيداً من القدرة إلى موقع الخلية. كل وحدة متنقلة تأخذ بالاعتبار الوحدات الأخرى. إذا بدأت إحدى الوحدات المتنقلة بالاهتمام بنفسها فقط وأرسلت إشارة عالية القدرة كما تريد، فإن كامل المنظومة تصبح غير قابلة للتشغيل. إذا أمكن لكل وحدة متنقلة في المنظومة أن تتحكم بقدرتها بصورة محكمة، فإن

مستوى التداخل في المنظومة يكون أقل ويمكن لها أن تتقدم عدداً أكبر من الوحدات المتقلة وتزداد السعة أيضاً كما وصف Lee في عدد من منشوراته/11-17/.

لهذا السبب تمارس اللعبة عن طريق تخفيض مستوى التداخل في المنظومة. تستخدم نفس الشاشة مع مطعم غداء رسمي إذا تمكن الزبائن من التحكم بمقدار صومهم وحملوه أخفض، فإن بالإمكان جعل طاولات المطعم أقرب لبعضها. وهي فلسفة زيادة السعة نفسها.

قد نجد أيضاً في منظومة الـ CDMA فائدة في الانتقال من التداخل المفهوم اعتماداً على خلفية العدد القليل من المتداخلين إلى التداخل غير المفهوم (Unintelligible) اعتماداً على خلفية العدد الكبير من المتداخلين. عندما نتناول طعامنا في مطعم، وكانت هناك طاولة أو طاولتان مجاورة لنا فإن حديثنا يتداخل مع حديث الطاولة أو الطاولتين الآخرين. إذا كانت هناك خمس طاولات أو أكثر فإن محادثاتهم تصبح ضحيجاً غير مفهوم، وإذا تأثر أقل بكثير على محادثتنا.

في منظومة الـ CDMA، إذا كان هناك بضع وحدات متنقلة فقط تقيم الاتصال فإن عدداً محدوداً من أقية الحركة فعال. التداخل المفهوم في هذه الوضعية عال (أي بضع متداخلين أقوياء)، لكن للمنظومة CDMA متسع كاف لعزلهم ضمن أقية الحركة، وبالتالي يتم تخفيض التداخل المفهوم. عندما يكون هناك عدد كبير من الوحدات المتنقلة التي تستخدم أقية حركة كثيرة، يصبح التداخل ضحيجاً غير مفهوم ولا حاجة للقلق بشأنه. يمكن للعزل المطلوب بين أقية الحركة أن يكون أقرب بكثير. لهذا فإن منظومة الـ CDMA قادرة على أن تكون ممكنة التشغيل في كلا الحالتين: الحركة العالية والمنخفضة.

## 6.6 صفات (خصائص) الـ (CDMA)

منظومة الـ CDMA مختلفة عن كل من الـ FDMA أو الـ TDMA. نحن معتادون على عمليات الـ AMPS والتي هي منظومة FDMA. يلقي الجدول التالي الضوء على الفروقات بين الـ (FDMA)، و (TDMA) والـ (CDMA) تفسر بعض الصفات الواردة بالجدول نفسها والبعض الآخر مبين كما يلي:



1. الـ CDMA منظومة سعة برمجيات: إن الحامل الراديوي للـ CDMA مصمم لخدمة من (1) إلى (55) قناة حركة. إن عدد أقنية حركة الـ CDMA أثناء التشغيل الحقيقي ليس ثابتاً فهو يعتمد على حالات الظروف المحيطة. هذا يختلف عن الـ FDMA والـ TDMA إذ بإمكان عشرة أقنية راديوية أو نوافذ زمنية (Time Slots) خدمة عشرة مستخدمين فقط.

الصفات	CDMA	FDMA أو TDMA
C/I	<1	>1
السعة	برمجيات	عتاد
المنافسة	برمجيات	عتاد
عرض النطاق	نطاق عريض	نطاق ضيق
نفاذ متعدد	تتابعات رمز	ترددات أو نوافذ زمنية
تحكم القدرة	محكم	مضغاض
تخصيص التردد	لا يوجد	نعم
معامل إعادة استخدام التردد	$K \rightarrow 1$	$K > 1$
دورة فعالية الكلام	35-40%	100%
معدل إرسال المعطيات	عالي	منخفض

2. لمنظومة الـ (CDMA) عمل منافسة برمجيات. تتصل (connects) للكلمة دائماً في منطقة المنافسة مع موقعي خلية أو أكثر وذلك للإقلال من معدل سقوط الخلية (انقطاع الكلمة - dropped-cell rate) كذلك عند استخدام مستقبلات تنوع (diversity receivers) [مستقبل مشط متعدد A multiple of rake receiver] يكون بالإمكان تخفيض قدرة إرسال كل موقع إلى الوحدة المتنقلة. لهذا السبب يكون مجموع قدرة الإرسال المستقبلية من موقعي خلية أو أكثر في منطقة المنافسة مساوياً لتلك المستقبلية من موقع مفرد لا يقع في منطقة منافسة. من حيث المبدأ يجب أن لا تنخفض السعة الراديوية لهذه المنظومة إذا كان هناك تشغيل منافسة برمجيات مناسب.

3. إن تخصيص التردد لكل خلية في الـ FDMA والـ TDMA مهمة رئيسية دوماً بسبب إضافة مواقع خلايا من وقت لآخر لمعالجة طلب السعة (ازدياد عدد المشتركين). تستخدم

الخلايا الماكرو (macro cells) عادة عند إقلاع المنظومة. عند ازدياد عدد الخلايا ينخفض حجم الخلايا إلى ميني (mini cells) وإلى ميكرو (micro cells) بحيث تصبح منظومة ناضجة في المناطق السكنية. إن التخصيص الترددي بكل خلية متبدل دوماً ويفقد عملية غير مستقرة، وهو أمر ليس فقط جهد بشري ولكنه أيضاً صعوبة في الحصول على حل أنسب أو حتى حل مناسب في عملية تخصيص. لا تحتاج منظومة الـ CDMA لتخصيص تردد لأن تردداً حاملاً واحداً مستخدم في جميع الخلايا، وبالتالي إن جهد تخصيص التردد لجميع الخلايا ملغى.

4. يمكن استخدام دورة فاعلية الكلام الإنساني لمصلحة منظومة الـ CDMA. في الحامل الراديوي CDMA، هناك كثير من الألفية الفعالة التي تشارك بنفس الحامل. خمسون بالمائة من الزمن يتم فيه التحدث وخمسون بالمائة من الزمن استماع. إلى جانب ذلك إذا كان أحدهم يتحدث فإن هناك فترات يتوقف ضمنها. لهذا السبب فإن 60-65% من فترة تحدث مستخدم هي فترة بدون كلام. لا تولد فترة انقطاع الكلام هذه أي تداخل للمستخدمين الآخرين. بالنتيجة إن الحامل الراديوي CDMA الكلي قادر على زيادة السعة بمقدار (2.5-3) مرات<sup>17/</sup>.

## 7.6 العصر المظلم للـ CDMA

تمت معايرة الـ CDMA بمعيار أمريكي شمالي رقمي آخر<sup>18/</sup>. في ذلك الوقت، عاملت الصناعة الـ TDMA كمنظومة جيل ثاني والـ CDMA كمنظومة جيل ثالث. كتبت المراجعة (IS-95) عام 1991. كان معظم حق الملكية الفكرية في نفس العام بين يدي Qualcomm (IPR: Intellectual Property Right). كانت كل من شركة موتورولا وAT&T (سميت بعد ذلك Lucent عام 1995) وQualcomm تنتج البنية التحتية (Infrastructure) للـ CDMA. كانت Qualcomm وOKI تنتجان الوحدات المتنقلة والأجهزة المحمولة باليد. كانت موتورولا الشركة الأولى في نشر منظومتها الـ CDMA في هونغ كونغ في تشرين الثاني نوفمبر 1994، نشرتها في لوس أنجيلوس في كانون الثاني

يناير 1995. مع ذلك نشرت موتورولا منظومتها اعتماداً على الإصدار الأول للمواصفة (IS-95) والتي لم تكن مواصفة ناضجة للاستخدام التجاري آنذاك. وفوق ذلك إن تحكم موتورولا للـBSC (Control Base Station Controller) غدا عنق زجاجة في الشبكة عند الحركة الكثيفة، مما جعل من الصعب على للشغل زيادة عدد المشتركين مع المحافظة على الجودة الكلامية لكل قناة. وكتيجة لذلك استطاع المشغلون فقط ترحيل المستخدمين المسرفين بالاتصال من المنظومة التماثلية إلى منظومة الـCDMA لزيادة الاستخدام، لكنهم لم يستطيعوا زيادة السعة. كان عدد المشتركين عام 1995 صغيراً جداً. لم تكن لدى الباعة في الولايات المتحدة الأمريكية عام 1995 المحرك والحافز لدفع نجاح الـCDMA. ربما تكون مسألة حق الملكية الفكرية (IPR) أحد الأسباب. كانت Qualcomm شركة صغيرة ورغماً من أنها حاذقة جداً تقنياً، لم يكن لديها خبرة التصنيع. كان مشغلوا المنظومة يرغبون في التعامل أكثر مع شركات إنتاج كبيرة لطلبات شراء كبيرة. بعد ذلك لم يكن لـQualcomm فرصة منافسة الباعة الرئيسيين (Major) ونشر تجهيزاتها أولاً في السوق. كان من الصعب على Qualcomm تحسين تجهيزات الـCDMA دون الاعتماد على معطيات تشغيل حقيقية.

كانت OKI فعالة جداً في إيجاد حل لإيقاف التمديل البيني (IM: Intermodulation) في الجهاز المحمول باليد، انظر المقطع (5-27-2) مع Qualcomm في بداية عام 1995. كانت الأجهزة المحمولة قبل التجارية (Precommercial) لـOKI الـCDMA مؤثرة جداً. مع ذلك، قررت OKI التوقف عن إنتاج أجهزة الـCDMA المحمولة. فيما بعد شكلت شركة سونسي فريقاً مع Qualcomm لإنتاج أجهزة محمولة باليد تجارية. كان تقدم الـCDMA بطيئاً جداً في عامي 1994 و1995. انتقدت المقالات ذات الصلة بالـCDMA بالمجلات والصحف تقنياتها. أحرزت مجموعة الـGSM الأوروبية مقارئة غير عادلة. حتى أن جريدة Wall Street Journal نشرت مقالة سلبية عن الـCDMA<sup>19/</sup>. بكلام أدق تتطلب منظومة اتصالات حديثة ناجحة ثلاثة عوامل:

1. على القناة أن تكون موثوقة ومميزة بين جميع القنوات الأخرى

## 2. أن تصمم تجهيزات الإنتاج جيداً

### 3. على منظومة الانتشار أن تكون مخططة جيداً ومحسنة بصورة مستمرة

إذا لم يعمل أحد العوامل الثلاثة السابقة بشكل جيد فإن الجمهور يلقي اللوم على التقنية، قائلاً بأنها ليست جيدة. في عام 1991 قدم Lee منظومة الـ CDMA في الصين/20. كانت الصين عام 1994 في مراحل صنع القرار حول انتقاء منظومة رقمية دولية. وضع نائب وزير البريد والتلفونات (MPT) (Gao-Feng Zhu) ثلاثة مبادئ دليلية لنشر اتصالات لاسلكية صينية.

#### 1. متابعة نشر منظومة الـ TACS التماثلية

#### 2. إجراء اختبار محدود لمنظومة الـ GSM

#### 3. مراقبة انتشار الـ CDMA عن قرب

كان Zhu ومساعدوه مهتمين جداً بالـ CDMA وزاروا Qualcomm عام 1994 وعندما لم يتمكن Zhu من الحصول على معلومات حول معدل نمو المشتركين من لوس أنجلوس عام 1995 ولم يتمكن من التأكد بأن الـ CDMA كان منظومة ناضجة، لم يستطع ومن خلفه في أواخر 1995 من الانتظار وقرروا نشر الـ GSM في الصين. وبذلك خسرت الـ CDMA سوق الصين. ألغت الـ GSM اختراق سوق عظيم بصورة غير متوقعة في الصين. في نهاية عام 1997 كان يضاف مليون مشترك شهرياً في الصين.

خلال هذه الفترة من الزمن لم تتمكن الـ CDMA من زيادة سرعة الانتشار وأنجزت تحسناً بالمنظومة غير متوقع مقارنة مع إنجاز Qualcomm الأول عام 1989. في نفس الوقت، ازداد اختراق الـ GSM عالمياً بنصف. نظر الجمهور لمنظومة الـ CDMA بسلبية. كان هذا بالتأكيد العصر المظلم (1994 - 1996) للـ CDMA.

## 6. 8 نموذج انتشار الـ (CDMA) الكوري

كان Lee مدعواً عام 1990 من قبل معهد الاتصالات الكوري، من خلال الدكتور Hen Suh Park الذي كان مديراً لـ Pactel في ذلك الوقت، لإعطاء ندوة حول الاتصالات

المتنقلة المتقدمة/21/. طلب بعد الندوة الرئيس الكوري لمعهد بحث الاتصالات الكوري الدكتور (Sang H. Kyong) (ETRI: Electronic Telecom Research Institute) [من كان مع غابر بل ثم بعد ETRI أصبح وزيراً للمواصلات] من Lee تطوير تجهيزات اتصالات متنقلة متقدمة في كوريا. يحتاج تطوير منظومة اتصالات متقدمة لخمس مهارات:

1. إمكانية تطوير بدالة (مقسم)
2. إمكانية تطوير رقاقة (شب) (Chip)
3. إمكانية تطوير راديوي
4. إمكانية تطوير برمجيات (Software)
5. إمكانية تكامل المنظومة

كان لدى كوريا في ذلك الوقت مبادئ هذه المهارات الخمس. اقترح Lee من شركة Pactel وجهة نظر فنية بأن لا لمنظومة TDMA ولكن نعم لمنظومة الـ CDMA في كوريا وأمضى سبع ساعات في تقديم منظومة الـ CDMA. وافقت الحكومة الكورية على اقتراح Lee الفني ووافقت Qualcomm. في تشرين الثاني/نوفمبر من عام 1990 قدم أيضاً Lee من Alan Salmasi و Pactel من Qualcomm للحكومة الكورية ندوة علمية رسمية عن منظومة الـ CDMA/22/. خلال نفس الرحلة وقع الـ ETRI الكوري اتفاقية لشراء النقل التقني (Technology Transfere) لرزمة الـ (Package) الـ CDMA. نفذت ندوة أخرى لمدة ثلاثة أيام أوائل العام التالي/23/. أعلنت الحكومة الكورية أيضاً بأن الـ CDMA سيكون معيارها الوطني الوحيد للمنظومات الخليوية الرقمية وأن يكون إنتاج تصنيع منظومات الـ CDMA متوجهاً في كوريا.

خلال مرحلة تطوير الـ CDMA الخاص بكوريا، كان سوق الخليوي التماثلي ينمو في كوريا بسرعة كبيرة. وتضعف الجودة الكلامية بسبب وضعية الازدحام المتزايدة، وحصل المرخص لهم للخليوي الرقمي على تراخيصهم عام 1994. خلال عملية الترخيص الكوري طالبت كل من Pactel و South western Bell من الولايات المتحدة أن تكونا رائدتي تقنية الـ CDMA. لإثبات أن Pactel أول من عمل بالـ CDMA كان عليها أن تعرض

رسالة من Erwin Jacobs لرئيس العمليات الدولية Jan Neels لدى Pactel، المستند (6E). عند استلام تراخيصهم طلب المرخص لهم من الحكومة الكورية ما إذا كان بإمكانهم شراء منظومة الـ CDMA من الشركات الأمريكية دون انتظار الإنتاج الكوري، الذي لا يستطيعون حتى التنبؤ بالتاريخ الذي يصبح فيه تجارياً. رفضت الحكومة الكورية هذا الطلب. خصصت التليكوم الكورية (KT: Korean Telecomm) نطاقاً ترددياً للمنظومة الخليوية الرقمية في ذلك الوقت. أدركت KT بأن تطوير الـ CDMA لم يكن يسير بسلاسة وتلقت عرضاً من شركة اريكسون يتضمن إمكانية نشر تجهيزات الـ GSM في كوريا دون دفع مقدم. طلبت KT ذلك ولكنها لم تحصل على موافقة الحكومة. في كوريا مهندسون كانوا يعملون بمشقة كبيرة لدى (ETRI) بقيادة Dr. Hong - Gu و Dr. Seung - Taik Yang Bahk كما هو حال مهندسي صناعة الاتصالات مثل سامسونج وهونداي ولوكي كلودستار (LG: Lucky Glodstar) مع ذلك بقيت مهمة تطوير الـ CDMA صعبة للغاية. انتشرت في كانون الثاني يناير من عام 1996 تجهيزات البنية التحتية لشركة عملية في سوق مُشغّلين كوريين. في البداية بعد البدء بتشغيل منظومة الـ CDMA كانت الجودة الكلامية غير مقبولة بشكل كبير وكان معدل سقوط المكالمات (dropped call rate) عالياً لكن أداء المنظومة تحسن بحلول نيسان أبريل 1996 أي بعد ثلاثة أشهر. قرر المشغلون التوجه تجارياً. عمل المشغلون ومهندسو الباعة معاً، راجعوا معطيات الميدان نهاية كل يوم، وعدلوا المنظومة، وبدلوا معلمات المنظومة أو الخوارزميات خلال الليل واختبروا المنظومة باليوم التالي. توالى عدد المشتركين بالازدياد علاوة على تحسن أداء المنظومة. في تشرين الثاني نوفمبر 1996 تجاوزت المنظومة الكورية (CDMA) المليون مشتركاً. لم تعد الـ CDMA بعد ذلك لعبة. أثبت الكوريون بأن منظومة الـ CDMA كانت منظومة خليوية عالية السعة. أصبحت كوريا والنسي لم تكن تملك أي خبرة سابقة أو خلفية في منظومات الاتصالات المتنقلة، وفي خلال وقت قصير لاحقاً رئيسياً في صناعة إنتاج منظومة عالية متقدمة. يجب أن نتعلم من تحريكها وحكمتها.

**Qualcomm**

المتحدة

31 كانون الثاني 1994

السيد Jan Neels

رئيس و CEO

Pacific Telesis International

2999 Oak Road, MS 1050

Walnut Creek, Ca 94596

عزيزي Jan:

هذه الرسالة المختصرة للتعبير عن تقديري للمهد الطويل الأجل والقيادة التي أدت بها شركة (Pactel Corporation) في تقدم الـ CDMA من فكرة ذكية إلى حقيقة فعالة.

منذ بداية عام 1989 دعمت (Pactel) عملنا حول الـ (CDMA) في تنوع واسع لطرق هامة. كونكم أول مشغل عملت Qualcomm معه، فزودتنا Pactel بترخيص FCC التجريبي وبموالع الخلايا والتسهيلات البدائية S witching، والتمويل لبناء عرض المنظومة (CDMA). دعمت Pactel أول عرض ميداني لبدأ مع مجموعة مهندسيها وقنييها في سان دييغو وأكثر من (250) مشتركاً انجزوا من أنحاء العالم في تشرين الثاني نوفمبر 1989

خلال هذه المراحل المبكرة عمل معنا نائب رئيسكم والعالم الرئيسي الدكتور William C.Y. Lee للمساعدة في ترجمة نتائج بحثنا وتطويرنا إلى مواصفة هوائية (CAI) مشتركة قابلة للعمل ودقيقة فنياً. أعطتنا (Pactel) في ذلك الوقت ليس فقط دعماً فنياً بالموقع ولكن أيضاً فائدة خبرة سنواتها كمشغل خلوي لتطبيق ثقافة الخلوي بمفاهيم على الشبكات الخلوية الأرضية.

في أوائل عام 1990 شجعنا (Pactel) لتوسيع دعم صناعة الخلوي لأجل ثقافة الـ (CDMA) وفي الربع الثالث وقعت كل من Motorola, NYNEX, Ameritech منظومت شبكة AT&T اتفاقيات ترخيص وتمويل معنا.

في عام 1991 وعام 1992 تلقت (Qualcomm) و (Pactel) من أجل اختبار ميداني مشترك لأول مرة لشبكة الـ (CDMA) باستخدام ثقافتنا تحت ظروف تشغيلية حقيقية في منظومة (San Diego) الخلوية التجارية لـ (Pactel). ساعدت نتائج هذه التجارب المشار إليها بـ CAPI

والـ CAPI1 في تهيئة إنشائي للثقافة وسمحت لنا بالحصول على تذكرة خلفية مريحة في دورة التطوير، وبالنهاية إنتاج معيار مواصفة هوائية مشتركة (CIA) مثبته ميدانياً.

المستند (6E): رسالة الدكتور (Irwin M. Jacobs) إلى السيد Jan Neels (صفحة 1)

دولياً نحن قدونا بشكل خاص دعم الدكتور (Hen Suh Park) مدير ممثل Pacific Telesis Korea من أتمنا للـ ETRI الكوري والمصنعين الرئيسيين في عام 1991. أتاح ذلك للصناعة الكورية أن تتولى قيادة تطوير وتصنيع البنية التحتية للـ (CDMA) عبر العالم.

بنفس الوقت كانت (Pactel) تعمل في ظروف الصناعة والقواعد (Regulatory) للحصول ترخيص FCC للتجريبي المطلوب لاختبار هذه التقنية الجديدة وفيما بعد كرأس حرية بإعداد مسودة وقبول الصناعة لمحوار الـ (CDMA). نحن مقدرون بشكل خاص لقيادة (Pactel) وجهود الدعم ضمن اتحاد صناعة الاتصالات الخليوية. شكراً على التمهيد اللطيف المنشور عريض النطاق الذي قادته (Pactel). في كانون الثاني (يناير) 1992، وعلى إدارة المنكبات المفتحة حول الحاجة لمحوار خليوي رسمي عريض النطاق وعلى دعم لاصبي الصناعة مما أدى للتصويت الإيجابي من قبل الـ (CTIA) في حزيران (يونيو) 1992، محرك الـ (CDMA) في عملية المعايير. أمدت جهود (Pactel) النشيطة في اتحاد صناعة الاتصالات (TIA) إلى التطور السريع والاتفاق حول محوار الـ (CDMA) (IS-95)، المطبوع في خلال 13 شهراً فقط.

في حكمنا، لقد أمدت (Pactel) فعالية أكبر في صنع الـ (CDMA) حقيقة تجارية أكثر من أي حامل آخر في صناعة الخليوي.

حالياً نحن نعمل فريقياً حول تقييم الجودة الصوتية للـ (CDMA) عبر اختبار مكثف على منظومة (San Diego) وقد أظهرنا بعض النتائج التي اعتقد بأنها ستكون الأكثر اهتماماً. (أرفقت نسخة من إصدار جريدتنا حول الاختبار). نحن متشجعون بشكل كبير بنتائج هذه الاختبارات والتي تكل أن تمكن بالمنة من مستخدمي الخليوي الحاليين المشاركين بالاختبار وجدوا أن خدمة الـ (CDMA) أفضل أو تساوي خدمتهم التماثلية للقائمة.

نتطلع إلى تمهيد الطريق نحو ثقافة تطبيقات (CDMA) حديثة للأعمال اللاسلكية مع (Pactel) في المستقبل. الرجاء اطلوبونا بربحتكم إذا توجب علينا مزيداً من المساعدة...ودمتم.

دكتور Irwin M Jacobs

ضابط تنفيذي رئيسي

رئيس المجلس

المستند 6E رسالة الدكتور Irwin M. Jacobs إلى السيد Jan Neels (صفحة 2)



## 9.6 اخترعت Qualcomm الـ CDMA وكوريا أنقذت الـ CDMA

تجاوزت السوق الكورية مع نهاية عام 1996 (1.3 مليوناً. وبالرغم من أن ليس للبلد خلفية تجهيزات اتصالات لاسلكية، لكنها أخذت تقانة Qualcomm. آمنت لها، وطورت المنظومة بنفسها. وجدت كوريا طرقاً كثيرة مبتكرة لحل مسائل عملية في المنظومات الخلوية، إن منظومة جديدة قادرة على العمل اليوم قد لا تكون قادرة على العمل غداً بسبب ازدياد عدد المستخدمين فيها. لهذا فإن تحسين المنظومة عملية ديناميكية. كما ذكر في المقطع (7.6)، العامل الثالث للمنظومة كي تكون ناجحة هو أن يكون نشرها غططاً جيداً ويجري تحسينها باستمرار. اجتاز الكوريون هذه المرحلة وعليهم أن يفخروا بما أنجزوه.

عندما ذهب كلا من Lee من Alan Salmasi و Pactel من Qualcomm إلى كوريا عام 1991. عرفا بأن الـ CDMA كانت تقانة متقدمة وممتازة. لكنها كانت أيضاً تقانة مجازفة لكوريا. كانت الشركات الأمريكية آنذاك بادئة قبلاً بتطوير منظومة الـ CDMA. لقد أملوا بأن كوريا كانت سوف تتعلم في المستقبل من تطور الولايات المتحدة في الـ CDMA. عندما مرت منظومة الـ CDMA عبر حقبتها المظلمة، لم تستطع أي شركة أمريكية إيجاد طريقة لكسر هذه الوضعية غير السارة. كذلك لم تبذل الشركات الأمريكية جهداً كما ينبغي عليها. كان مهندسو الباعة (vendors) من عملوا في منطقة نشر الـ CDMA يتركون عملهم في الساعة الخامسة بعد الظهر كل يوم تاركين مهندسي التشغيل للتعريب وحل المشاكل بأنفسهم. صدم العالم نجاح كوريا في الـ CDMA في نهاية عام 1996. لم يعد أحد يشك بتقانة الـ CDMA بعد ذلك. في ذلك الوقت اكتسبت الشركات الأمريكية الثقة لمتابعة تطوير الـ CDMA. أصبح الـ CDMA تقانة عظيمة. أثناء ذلك بدأت شركتان من خارج مناطق الـ CDMA، هما: اريكسون و (DoCoMo) تناديان بتطوير الجيل الثالث (3G) لمنظومة رقمية لاسلكية. كان هذا في عام 1997 ولم يكن أي مشغل منظومة يبحث عن الـ (3G) في تلك السنة. كان للمشغلون يدرسون فقط التقانات الحديثة لزيادة سعة المنظومات القائمة. حرك نجاح الـ CDMA باعة الـ TDMA أو الـ GSM كي ينشدوا بسرعة حلاً أفضل لمنظوماتهم.

إلى جانب ذلك نما نقل المعطيات عالية السرعة في المنظومات السلكية بسرعة بسبب

خدمة الانترنت الشائعة. سيكون للحيل الثالث اللاسلكي المستقبلي سببٌ كبير لدعم نقل المعطيات عالية السرعة في عالم الاتصالات اللاسلكية. كانت كل فعالية جديدة بعد ذلك من أجل تطوير الـ (3G) بشكل أو بآخر حفزة من النجاح الكوري في تطوير الـ CDMA نحو منظومة ناضجة عالية السعة.

### 10.6 اختيار منظومات الـ CDMA للجيل الثالث (3G)

بعد أن نشأت الـ CDMA عام 1990. تقابل Jan Udenfelt من اريكسون مع Qualcomm، لكن لم يتخذ إجراء بعد ذلك. قررت اريكسون بعد ذلك الذهاب بالسرعة الكاملة في متابعة أسواق الـ GSM. لو أن نشوء الـ CDMA اكتمل قبل سنتين فمن المحتمل أن يكون قرار اريكسون انعكس بشكل مختلف ورغماً من أن اريكسون ونوكيا وباعة أوروبيون آخرون جعلوا منظومة الـ GSM تخرق أسواق العالم. (كان للـ GSM سبعين بالمئة من السوق العالمية حتى عام 1997). لكن Jan Udenfelt دعا Lee في عام 1994 لزيارة فعاليات البحث في قسمه لدى اريكسون. درست اريكسون بملء تقانة الـ CDMA بأنفسها لكنها لم تذكر ذلك علناً. كان اعتقاد باعة الـ GSM نقداً للـ CDMA وإرباكاً لمجموعة توظيف الولايات المتحدة. في الحقيقة منذ عام 1995 إلى عام 1996 كان أداء منظومة الـ CDMA ضعيفاً جداً بحيث لم يكن باستطاعة أي فرد أن يدافع عنه بأية حال.

إن الـ ETSI في المجموعات الأوروبية متعاطية دوماً منذ نشوء الـ CDMA في الولايات المتحدة مع دراسة منظومة الجيل التالي. إحدى المنظمات كانت مجموعة منظومة الهاتف النقال العام. (UMTS: Universal Mobile Telephone System). وكما ذكر في المقطع (11.4) كان هناك خمسة مجموعات دراسة: (ODMA, OFDM, CDMA, TDMA/async, TDMA/sync). درست كل مجموعة تقائنها باستقلال. كان النقاش والمناظرة فيما بينهم. بينت منظومة الـ CDMA الكورية تفوقها كسعة وساعدت دراستهم. في يناير عام 1999 اختارت UMTS الـ CDMA لمنظومة الجيل الثالث. وذهبت مع منظومة الـ cdma 2000 المقترحة من قبل الولايات المتحدة. أصبح الآن للمعيار العالمي هو الـ CDMA. ولكن كما هو مبين في الشكل (3.4) هناك ثلاثة عشر نمطاً من الـ CDMA لثمانية هيئة معيار عالية. لهذا

السبب كان على الثلاثة عشر معياراً أن تختصر إلى ثلاثة كما نوقش في المقطع (11.4). إن المراجعة العامة للتقانة الراديوية للـ CDMA للأنماط الثلاثة مغطاة بالمقطع (12.4).

### 11.6 مسألة طيف الجيل الثالث العالمي

غدا طيف الجيل الثالث (3G) العالمي قضية. في عام 1992 خصص الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) الطيف التالي للأنظمة المتنقلة الأرضية:

1885 – 2025 (140 ميغاهرتز) لإرسال المحطة المتنقلة

2110 – 2200 (90 ميغاهرتز) لإرسال محطة القاعدة

كما خصص الطيف التالي لأنظمة السوائل المتنقلة:

1980 – 2010 (30 ميغاهرتز)

2170 – 2200 (30 ميغاهرتز)

التخصيص الترددي مبين في الشكل رقم (3.6). خصص الطيف أيضاً للأقاليم العالمية المختلفة.

أجرت FCC بالولايات المتحدة عام 1996 مزاداً لنطاقي الـ PCS القائمة بالنطاقين التاليين:

1850 – 1920 (70 ميغاهرتز) لإرسال المحطة المتنقلة

1920 – 1990 (70 ميغاهرتز) لإرسال محطة القاعدة

وكما هو مبين في الشكل رقم (3.6) يقع إرسال محطة القاعدة للـ PCS بالولايات المتحدة في نطاق إرسال المحطة المتنقلة للـ IMT-2000. يعني هذا بأنه حتى ولو كان نطاق الـ (PCS, IMT-2000) متراكبين، لا يمكن لنطاق الـ PCS أن يستخدم من أجل منظومات الـ IMT-2000. سوف يتداخل مرسل المحطة المتنقلة IMT-2000 مع مستقبل الـ PCS المتنقل. لهذا فإن مجموعات معيار الـ 3G تقترح نطاقات جديدة. إن الجيل الثالث 3G مهم باستخدام النطاقات الترددية (2500-2580) ميغاهرتز وكذلك (2610-2690) ميغاهرتز كنطاقات توسع عالمية محتملة. إلا أن هذه الترددات قد خصصت في الولايات المتحدة

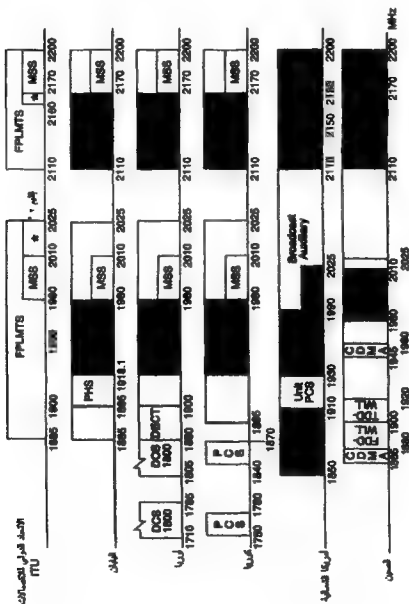
الخدمات التوزيع المتعددة النقاط السكانية (الحضرية)، (MMDs: Metropolitan Multipoint Distribution Services) وهي بشكل رئيسي لخدمات الـ WLL. (انظر للمقطع 16.7). لهذا اقترحت الاتفاقية الصادرة عن مجموعة تآلف المشغلين (OHG: Operator Harmonization Group) على الاتحاد الدولي للاتصالات ITU أن يحدد نطاقاً ترددياً للحل الثالث يقل عن 3 غيغاهرتز. إذ يحتاج الأمر نطاقاً عالمياً مشتركاً بحيث يمكن استخدامه للتحوال العالمي.

## 12.6 حامل واحد مقابل حامل متعدد

ما هو عرض النطاق الذي يحتاجه الحامل الراديوي للـ CDMA؟ سؤالاً آخر تتوجب الإجابة عليه. في البداية اقترحت بعض العروض (10)، أو (20) ميغاهرتز/24، لكن معظم العروض اقترحت بأن النفاذة كانت جاهزة لنطاق عريض يفوق (5) ميغاهرتز. أيضاً كان من المحتمل أن لا يكون الوسط الراديوي ملائماً لعرض نطاق يفوق 5/ ميغاهرتز. لكن لم يكن هناك برهان لذلك. إلى جانب ذلك كان تخصيص أفتية بعرض نطاق (10) ميغاهرتز لطيف الـ IMT-2000 العالمية أصعب من تخصيص أفتية بعرض نطاق (5) ميغاهرتز بنفس الطيف. على كل حال كان قد تقرر عرض النطاق (5) ميغاهرتز بسهولة دون أي تبرير نظري.

إن للـ WCDM، أو كما يدعى أيضاً: (FDD-DS: Frequency Division Duplexing-Direct Sequence) مزووجة تقسيم تردد - تتابع مباشر. المطور بأوروبا، منظومة حامل مفرد بـ (5) ميغاهرتز لكن للـ cdma 2000 ويدعى Frequency Division Duplexing-Multi (FDD-MC: Carrier) مزووجة تقسيم تردد - حامل متعدد نموذجاً 1x cdma 2000 1.25) ميغاهرتز و 3x cdma 2000 (5) ميغاهرتز). إن للـ cdma 2000 مرونة استخدام للطيف من وجهة نظر استخدامه اعتماداً على متطلبات الحركة. سوف يكون الـ cdma 2000 1x كافياً للتعامل مع الحركة في بعض الأحيان، عندها إن على الطيف 1.25 ميغاهرتز أن يستخدم ولا حاجة لتبديد نطاق (5) ميغاهرتز إذا كان طيف الـ (1.25) ميغاهرتز كافياً. في عام 1999 تمت معايرة النموذج الصيني للنمط TDD ضيق النطاق. يمكن تقسيم حامل الـ 5 ميغاهرتز TDD إلى ثلاثة حوامل ضيقة النطاق، كل منها (1.6) ميغاهرتز. إن معدل سرعة الشبة

لحامل ضيق النطاق هو 1.288 Mcps و المساوي لثلث معدل الشبة (chip) المعياري 3.84 Mcps في حامل الـ (5) ميقاهرتز. يمكن في هذه الحالة اختيار نسختين من نموذج TDD لتطلبات حركة مختلفة. لهذا فإن الـ TDD هو أيضاً منظومة حامل متعدد أيضاً. وعليه يبدو بأن لمواصفة الحامل المتعدد أهلية وجدارة لاستخدامها في الجيل الثالث من أجل مرونة كبيرة في استخدام الطيف.



الشكل 3.6: مخطط تخصيص طيف عالمي

### 13.6 مراجع

1. W. C. Y. Lee, "Over view of CDMA system," IEEE transactions on Vehicular Technology, Vol. 40, May 1991, pp. 303-312.
2. W. C. Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunication," 2<sup>nd</sup> ed. McGraw-Hill Co. N.Y. 1995, p.-575.
3. W. C. Y. Lee, "Covert Communication System," US Patent Office, Patent No. 4,607,375, Aug. 19, 1986.
4. W. C. Y. Lee, "Digital Hopped Frequency, Time Diversity System," US Patent Office, Patent No. 4,616,364, Oct. 7, 1986
5. W. C. Y. Lee, "The Third Generation of Cellular System-CDMA," sponsored by IEEE West Coast Section/ Pacific Bell, Pacific Bell Auditorium, San Ramon, Calif., March 1, 1990.
6. W. C. Y. Lee, "Radio Access Technology CDMA/Spread Spectrum," sponsored by IEEE New Jersey Section and Rutgers University, Piscataway, N.J., April 25, 1990.
7. W. C. Y. Lee, "Implications of CDMA for Cellular System Operations," Globecom '90, Workshop 2, December 2, 1990, Sheraton Hotel, San Diego, Calif.
8. W. C. Y. Lee, "Overview of Cellular CDMA," 1990 IEEE Globecom Conference, December 2, 1990, San Diego, Calif.
9. K. Gelhousen, I. Jacobs.R. Padovani, A. Vetterbi, Le Weaver, C. Wheatly, "On the capacity of a Cellular.CDMA System, IEEE Transactions on Vehicular Technology," Vol.40, May 1991, pp. 303-312.
10. R. Pickholtz, L. Milstein, D. Schilling, "Spread Spectrum for Mobile Communication, IEEE, Transactions on Vehicular Technology," Vol.40, May 1991, pp. 313-322.
11. W. C. Y. Lee, "Power Control in CDMA," IEEE VTS'91 Conference.
12. W. C. Y. Lee, "Cellular CDMA," 1991 IEEE International Solid-State Circuits Conference, February 14, 1991, San Francisco.
13. W. C. Y. Lee, "Getting Down to the Nitty-Gritty of CDMA," Telephone Engineer & Management, vol. 95, no. 9, May 1, 1991, pp. 72-79.

14. W. C. Y. Lee, "CDMA-AN Alternative Approach to Digital Cellular," *International Mobile Communications 1991 Proceedings of the Conference*, London, June, 1991.
15. W. C. Y. Lee, "Application of the CDMA to Personal Communications Systems," *Fifth Annual Communications Update, Vehicular Technology Society Seminar*, New York, June 28, 1991.
16. W. C. Y. Lee, "CDMA Today," *RNT Magazine*, San Paolo, Brazil, July 1992.
17. W. C. Y. Lee, "A Description of Voice Activity Cycle and the Advantage of Using CDMA," Qualcomm flier/Pactel Demo, November 3, 1989.
18. TIA TR45.5, assigned the CDMA specification as IS95, IS97, IS98, in 1993. TIA/EIA/IS-95, "Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wide-Band Spread Spectrum Cellular System," Telecommunication Industry Association (TIA), July 1993; TIA/EIA/IS-97 Base Station Minimum Performance Spec., TIA, 1993; TIA/EIA/IS-98, Mobile Station Minimum Performance Spec., TIA, 1993.
19. Wall Street Journal "Jacob's Patter: An Inventor's Promise Has Companies Taking Big Cellular Gamble," by Q.Hardy, September 6, 1996.
20. W. C. Y. Lee, "What is CDMA" a 3 day seminar held at Designing Institute, MPT, Zheng - Zhou, Henan, China, June 3, 1992.
21. W. C. Y. Lee, "Advanced Mobile Communications," Korean seminar held at Han Yang University, Seoul, Korea, August 6-8, 1990.
22. W. C. Y. Lee and Alan Salmssi, "Digital Cellular," held at Electronics and Telecommunications Research Institute, Daejeon, Korea, Nov. 29, 1990.
23. W. C. Y. Lee, "Mobile Cellular Telecommunications Systems," Korean seminar, Seoul, Korea, April 1-3, 1991.
24. U.S. WIMS "A Broadband CDMA" a proposal submitted to ITU, Geneva, Switzerland as a 3G system candidate in 1998.





## ما هو مستقبلنا

- 1.7 إيجاد موطن (ماوى للعقري)
- 2.7 الجيل العالمي الثالث (G3G) وتألفه
- 3.7 طريقة بسيطة للاقتراب إلى حلم الجيل الثالث العالمي
- 4.7 راديو التريجات
- 5.7 إلى أي حد إن الهوائي الذكي - ذكي
- 6.7 معايير أداء المعطيات والكلام في الاتصالات اللاسلكية مختلفة عن بعضها
- 7.7 بدالة نمط نقل غير متزامن لأجل معطيات رزم
- 8.7 الخدمات المعتمدة على منظومة تحديد الموقع العالمية (GPS)
- 9.7 تقانات الموقع وبنية المنظومة لأجل (E 911)
- 10.7 الهاتف الحاسوبي (CT: Computer Telephony)
- 11.7 اتصالات الأشعة تحت الحمراء/اللوحة المليمترية لأجل معطيات عالية السرعة
- 12.7 ترميز تربو (Turbo)
- 13.7 هل يمكن استخدام تنضيد تقسيم الموجة في الراديو المتنقل؟ (WDM: Wave length Division Multiplexing)
- 14.7 ملاحظات على المساويات (equalizers)
- 15.7 طريقة تنوع إرسال (diversity)
- 16.7 WCS, LMDS, and MMDS
- 17.7 الفتح العلمي في مضخمات القدرة عريضة النطاق
- 18.7 مراجع

## 1.7 إيجاد موطن (ماوى) للعبقري

للباقرة سمات فريدة. فهم مفكرون سريعون، وعندما ينهك أحدهم في محادثة عن مجال خبرتهم يميلوا لأن يكونوا غير صبورين بشرح أفكارهم وغالباً ما يجادلوا صعوبة بالتعبير عن أفكارهم، وبالتالي لا يفهم الناس ما يحاول العبقري أن ينقله. يبدو بدلاً عن ذلك كما لو أن العبقري يحاول بمحدث غير مفهوم تماماً حول فكرة واحدة ثم ينتقل إلى موضوع آخر قبل إتمام شرح فكرته الأولى كلياً، والنتيجة لخطبة من أفكار ومفاهيم غير مترابطة. لقد أساء فهم العبقري كلياً، وأحياناً إنه غطى كونه مشتت الذهن وغريب الأطوار وبالإمكان معاملته كمعاق إذا لم يتم تمييز موهبته.

ترهق أوراق بحث الباقرة معظم قرائها للمهندسين بسبب رموزها وتعابيرها الموهلة جداً باللاتينية والتسي من الصعب فك هذه البعثة. لا يجد أساتذة الجامعات المعترة صعوبة في تمييز الباقرة في صفوفهم، وعندما يُكتشف أحدهم فإن العبقري قادر على الأداء جيداً في محيط أكاديمي. يواجه الباقرة بعد تخرجهم الواقع القاسي، فكأنهم أذكاء لا توفر لهم ذلك إمكانية فتح الأبواب في عالم الأعمال.

لا تستطيع الشركات توفير ظروف العمل المريحة للعبقري. يحتاج العبقري مكاناً مريحاً ليؤدي بحثاً ويستحدث اختراعات. المخترعون ليسوا كباقي الموظفين، فهم يحبون العمل بمفردهم. ليس من غير المعروف عن ذوي العقول المميزة إستراقتهم زهاء سنتين في تحويل فكرة إلى شيء ملموس. هل تتحمل أي من الشركات اليوم الاحتفاظ هؤلاء الناس لمثل هذه الفترة الطويلة؟ قد يخرج العبقري بعد نهاية هاتين السنتين من مكتبه (أو مكتبها) بكدسة أوراق بحجم رواية كاملة مع المخططات والأشكال والمعادلات وكتابات أخرى. إن التحدي هو في إيجاد القادر على فهم مستحدثات البحث هذا. إن وجود رئيس بحث يتمتع بإمكانية المشاركة ضروري لفهم المادة بشكل كاف، وإلا فلن يُعَيَّر عمل العبقري الثمين.

كانت مخابر بل ملاذاً للعبقري في الأيام القليلة لـ Ma Bell. استلمت بل خلال ذلك الوقت واحد بالمائة من الدخل العام لـ AT&T لأجل تكاليف أبحاثها. كان الواحد بالمائة في عام (1960) يكافئ حوالي مليون دولار إعفاءاً ضريبياً لكل يوم. أعطت مخابر بل في أوجها (أيام عزها) جواً ممتازاً للباقرة كان داعماً. تحققت اختراعات ونظريات كثيرة في ذلك

الوقت ولكن حين جُرِدَت AT&T أرادت بعض الشركات تكريس الوقت والقدرة والميزانية للبحث فقط. إذا كانت الصناعة لا تستطيع جعل البحث والاختراعات كأولويات، فإن على الحكومة أن تأخذ ذلك على مسؤوليتها وتوفر للموطن لهذه المصادر النفيسة جداً - وهو العبقرى في العلم والمهندسة.

## 2.7 الجيل العالمي الثالث (G3G) وتألفه

إن الفرق بين جيلي اتصالات لاسلكية هو في بنيتها الراديوية. إن بالإمكان تشغيل جيلين أو ثلاثة أجيال بنفس الوقت. إن استخدام نقل المعطيات البطيء والسريع للتمييز بين جيلين غير ملائم البتة. الجيل الأول هو المنظومات التماثلية التي تستخدم الـ FDMA، الجيل الثاني هو الـ GSM والـ TDMA و الـ PDC يستخدم الـ TDMA. الجيل الثالث هو الـ cdma One يستخدم الـ CDMA. تسمى بعض المجموعات الـ cdma One بمنظومة (2.5G) وهذا غير عادل إذ أنه يختلف كلياً عن الـ (2G).

اقترح الجيل العالمي الثالث (G3G) لأول مرة من قبل شركتي Ericsson و DoCoMo كمنظومة معيار ثالث عالمي. هناك فوائدها كبيرة للزبائن والمشغلين والمصنعين من المعيار G3G المتألف (harmonized):

1. يوفر مسار النمو الأفضل (مشابه للاترنييت) لصناعة الاتصالات المتنقلة
  2. يجعل الاستثمار في الأجهزة والتطبيقات أعظم ما يمكن
  3. يجعل غاطرة الاستثمار في منظومات الجيل الثالث (3G) أقل ما يمكن
  4. أقل كلفة معتبرة للأجهزة والخدمات
  5. أكثر ثقة للمستهلك بالإنتاج (المنتجات)
  6. أفضل عمل لقطاع التطوير بالاتحاد الدولي للاتصالات (ITU)
  7. أسهل تكاملية مع الجزء الساتلي (IMT 2000)
- إن المتطلبات المتفق عليها للجيل الثالث العالمي (G3G) هي كما يلي:

1. تجوال عالمي (roaming)
2. تطبيق لا كلامي (معطيات عالية السرعة)

3. معيار واحد ومعايير موازنة مفتوحة
  4. نطاق ترددي من (2x5) ميغاهرتز لطيف غير منسق (uncoordinated)
  5. انسجام خلفي (Backward compatibility)
  6. كلفة تشغيل قليلة لكي يكون تجارياً.
- اعتماداً على ما تم التعلم من الـ cdma One فقد تبنى الجيل الثالث العالمي منظومة الـ CDMA عالمياً (أنظر المقطع 10.6).
- أحيلت ثلاث عشرة منظومة مقترحة إلى الاتحاد الدولي للاتصالات (أنظر الشكل 3.4). كان من الصعب عالمياً تلاقي (converge) ثلاث عشرة منظومة مقدمة في منظومة واحدة، لهذا بدأ تألف الجيل الثالث العالمي. إن تحديات التألف Harmonization هي:
1. نقاط بدء مختلفة. مثلاً بدأ انتشار الـ GSM في عام 1992، بدأ انتشار الـ (PDC: Personal Digital Cellular) الخليوي الرقمي الشخصي عام 1993 وبدأ انتشار الـ cdmaOne عام 1995.
  2. تنافس الباعة. سوف تستمر المنافسة فيما بينها
  3. كبرياء وسياسة كل إقليم في العالم
  4. الافتقار إلى قواعد منسجمة في كل بلد
  5. معظم المشغلين صامتون
  6. الافتقار إلى التركيز على فوائد (منافع) الزبون/الصناعة
  7. ظروف تنافسية الجيل الثاني
  8. الملكية الفكرية
- تضعاف هذه التحديات بالافتقار إلى الفهم الفعال والاتصالات. ستكون منظومات الخليوي الرئيسية الحالية هي:

1. PDC: Personal Digital Cellular خليوي رقمي شخصي. MC: Multi Carrier

2. GPRS: General Packet Radio System منظومة رزم وادوية عامة

3. EDGE: Electronic Data Gathering Equipment تجهيزات جمع معطيات إلكترونية

4. CDMA: Code Division Multiple Access تقسيم رمز متعدد النفاذ

PDC → CDMA

GSM → GPRS → EDGE → CDMA

IS - 136 → EDGE → CDMA

CdmaOne → 1xRTT → CDMA

تم تألف الجزء الراديوي للـG3G إلى ثلاثة أنماط تم الاتفاق عليها من قبل جمهور الـG3G. شرح جهد التألف في المقطع (11.4). نمطان في طيف مزاحة التردد ونمط واحد في طيف التردد غير المزدوج.

1. طيف مزاحة التردد المستخدم من أجل للنظومة (FDD: Frequency Division Duplexing)

أ- DS: تتابع مباشر في نطاق الـ(5) ميغاهرتز، حامل واحد في نطاق الـ(5) ميغاهرتز

ب- MC: تتابع مباشر في كلا طيف نطاق ترددي (1.23) و(5) ميغاهرتز  
2. طيف التردد غير المزدوج المستخدم بمنظومة الـTDD: منظومة مزاحة بتقسيم زمني مستخدمة في نطاق طيف غير مزدوج (unpaired) والذي يقيد في نقل حركة غير متناظرة. يمكن لمعدل نقل الوصلة الأمامية أن يكون عالياً ويمكن لمعدل نقل الوصلة الخلفية أن يكون منخفضاً. إن لاستخدام الـTDD قيوده، فعلى حجم الخلية أن يكون أصغر وعلى سرعة المحطات المتنقلة أن تكون أقل. سيتم التوصل مستقبلاً إلى تقانة ذات تطور هام بحيث يمكن استخدام الـTDD لأجل منطقة كبيرة ومنظومة قابلة لنقل عالية High Mobility لتتنافس مع منظومات الـFDD.

يبين الشكل رقم (1.7) رؤية المعيار العالمي لثلاثة أنماط. الطبقة الفيزيائية (الطبقة 1) هي النفاذ الراديوي كما هو اليوم. يمكن لطبقة تحكم نفاذ الوسط (الطبقة 2) أن تكون معتمدة

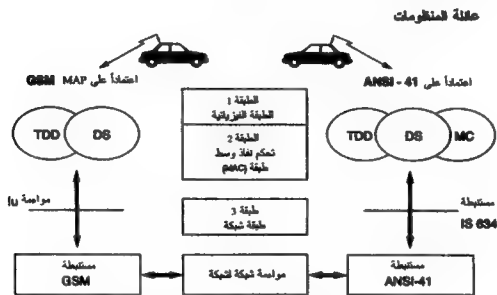
---

5. RTT: Radio Transmission Technology) تقنية إرسال راديوي

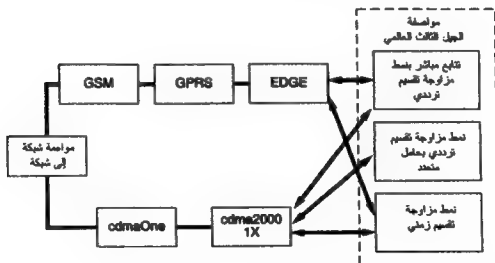
6. FDD: Frequency Division Duplexing مزاحة تقسيم تردد

7. TDD: Time Division Duplexing مزاحة تقسيم زمن

على بروتوكول نفاذ وسط الـ (GSM MAP: GSM Media Access Protocol) أو معيار بروتوكول (ANSI-41)، يمكن تنفيذ كلا طبقتي التحكم في أي من الأنماط الثلاثة للحيل الثالث العالمي (G3G)، وقابله للوصل عبر مواءمة شبكة لشبكة (NNI: Network to Network Interface) في طبقة الشبكة (الطبقة 3).



الشكل 1.7: رؤية معيار عالمي



الشكل 2.7: تألف (harmonization) الجيل الثالث

يستمر تألف الجيل الثالث لمنظومتني الـ (GSM) والـ cdma One عبر المسار المبين في الشكل (2.7).

خلال مؤتمر لندن للجيل الثالث العالمي أواخر 1998، شعر المشغلون بأنه سيكون للجيل الثالث تأثير عظيم على الزبائن والمشغلين. بعد ذلك شُكلت مجموعة تألف المشغل (OHG: Operator Harmonization Group) كتنظيم خاص لهذا الموضوع (ad hoc) وأقيمت عدة مؤتمرات مشغلين دولية (أنظر المقطع 11.4). كانت معالجة التألف في كل اجتماع كما يلي:

### 2.2.7 اجتماع بكين

كانت نتائج ورشة عمل مجموعة تألف مشغلي الجيل العالمي الثالث في اجتماع بكين كما يلي:

1. إطار عمل تألف (Harmonization)، فقد تم الاتفاق على الأنماط الثلاثة TDD, MC, DS من قبل المشغلين الدوليين.

2. أرسلت رسالة مفتوحة عن حق الملكية الفكرية (IPR) إلى الاتحاد الدولي للاتصالات ITU وإلى مجموعة العمل TG 8/1 وإلى مكتب الاتصالات الراديوي (اللاسلكي) (Radio Communication Bureau).

3. أن تكون (المُعلمات parameters) الفنية مشروطة بحل المسائل التالية:

أ- معدلات الشبنة (chip rate) أي التقطيع بين نمطي الـ FDD

ب- بنية الدليل pilot structure

ج- النمط المتزامن/غير المتزامن.

### 2.2.7 اجتماع لندن

يبين الشكل رقم (4.4) نتائج ورشة عمل مجموعة تألف مشغلي الجيل العالمي الثالث في لندن. يبين العمود في المنتصف الاتفاق للوقت بين المشغلين. يحتاج طيف النطاق المتعدد للجيل الثالث العالمي أن يؤخذ بالاعتبار كما هو مبين في الجدول التالي:

مجرة محملة	خدمة ضمن النطاق in-band serves	ميفاهرتز	عرض نطاق الطيف	الطيف ميفاهرتز
3G	AMPS, NAMPS, CDMA, TDMA	المجموع الفرعي	50	800
3G	GSM	100	50	900
3G	PDC	148	48	1500
3G	الـ PCS الكوري	208	60	1700
3G	*DCS-1800	358	150	1800
3G	PCS	478	120	1900
3G	الـ 3G المستقبل		35+60×2	2100
			633	المجموع

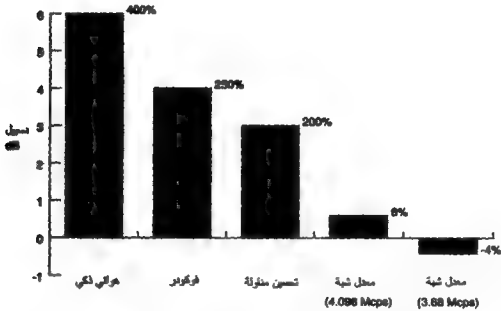
\* GSM بالنطاق 1800 ميفاهرتز

النطاق القائم حالياً (478) ميفاهرتز ويساوي حوالي 76% من النطاق الكلي المتوفر. لهذا فإن استخدام طيف النطاقات القائمة للحيل الثالث أمر أساسي.

إن معدل الشبة (chip rate) تعبير مستخدم في الـ (CDMA) لتمييزه عن معدل البت. إن معدل البت في الـ (cdma One) لقناة حركة مساوٍ لـ (9.6) كيلوبت/ثانية. ومعدل الشبة مساوٍ لـ (1.2288) ميغا شبة/ثا (Mcps). يمكن القول بأن البت الواحدة نشرت إلى (128) شبة (رقاقة) Chip. إن مسألة معدل الشبة في الجيل العالمي الثالث مسألة رمزية وليس لها علاقة بحق الملكية الفكرية. بإمكاننا توضيح التأثير للمعدل الشبة المختلفة المعتمدة على (3.84) ميغا شبة/ثا مقارنة مع التأثير على التقانات الأخرى (أنظر الشكل 3.7). سيحقق إدخال الهوائي الذكي في تقانة الجيل الثالث العالمي ربحاً قدره (6) ديسيبل، أو زيادة (400) بالمئة في السعة. سيحقق إدخال فوكودر جديد (EVRC) أو (AMR) زيادة قدرها (4) ديسيبل أو (250) بالمائة من سعتها. وسوف يحقق إدخال خوارزميات مناولة محسنة زيادة قدرها (3) ديسيبل أو (200) بالمائة من سعتها. تصبح السعة بسبب مختلف معدلات الشبة أمراً لا قيمة له تقريباً. لمعدل التقطيع (4.096) ميغا شبة/ثا زيادة سعة قدرها 6%. ولمعدل الشبة (3.68) ميغا شبة/ثا نقصاً في السعة قدره 4% مقارنة مع معدل الشبة (3.84) ميغا شبة/ثا. إذا اتفق المشغلون على أن معدل الشبة (3.68) ميغا شبة/ثا هو معدل الشبة



المعياري فإن منظومة cdma One سوف تستفيد نظراً لأن معدل الشبة فيها (1.2288) ميغا شبة/ثا و ثلاثة أمثالها (3.68) ميغا شبة/ثا.



الشكل 3.7: تأثير معدلات الشبة المختلفة اعتماداً على (3.84) ميغا شبة/ثا مع التقنيات الأخرى

إن لاستخدام الـ CDM أو الـ TDM كبنية دليل فوائد مختلفة. ففي الـ CDM إن معلومات تقدير القناة (القدرة الوسطية) ممكنة التحصيل ضمن دفق الإشارة. باستخدام الـ TDM يحتاج الأمر جمع معلومات تقدير القناة تلك من دفق لإشارة أخرى، لكن قدرة الدليل الكلية ممكنة التخفيض.

إن استخدام التزامن مقابل عدم التزامن في الجيل الثالث العالمي مسألة نقاش أخرى. إن منظومة التزامن هي مجموعة فرعية من المنظومة غير المتزامنة. بدون وجود ساعة رئيسية (master clock) في الفراغ لتنفيذ محطات القاعدة في جميع الأوقات فإن الطريقة غير المتزامنة هي الوحيدة لمعالجة التزامن من البدء. تبدأ للمنظومة غير المتزامنة من ساعة رئيسية في أحد المواقع (إحدى محطات القاعدة) ثم تزامن على أساس كل مكاملة في كل محطة قاعدة. الأفضل لمنظومة التزامن استخدام منظومة تحديد الموقع بالسواتل (GPS: Global Positioning System) وإلغاء الخطوة من عدم التزامن إلى التزامن. في منطقة مناولة البرمجيات هناك على الغالب أربع إلى خمس إشارات دليل قادمة من محطات القاعدة المجاورة لهذا يستغرق التبدل

من عدم التزامن إلى التزامن لكل إشارة وقتاً. إذا لم تستقبل إشارة قوية تزامنها بسرعة فإنها تتحول إلى تدخل قوي وتسبب في انقطاع للكلمة. التزامن قادر على امتلاك زمن تأخير latency أقل أو انقطاعاً للمكالمات أقل مقارنة مع عدم التزامن في منطقة مناولة مريحة.

تم تعلم التالي من مجهود تآلف الجيل الثالث:

1. الفصل بين المسائل السياسية والفنية بوضوح.

2. فهم ثقافة كل إقليم.

أ- استخدام حق الملكية الفكرية في الولايات المتحدة لتوليد الانتاج المبتكر.

ب - استخدام الجهد المشترك في أوروبا لإنجاز معايير مشتركة.

3. يتطلب التآلف استعداداً للقيام ببعض درجات التنازل.

4. يريد المشغلون انتقاء أفضل التقنيات وأيضاً أقل كلفة وأقل مجازفة وأداءً عالياً.

### 3.2.7 اجتماع طوكيو

كانت نتائج ورشة عمل طوكيو كما يلي:

1. معدل الشبة (معدل الرقاقة):

أ. تستخدم الـ WCDMA (DS) معدل شبة قدره (3.84) ميغا شبة/ثا

ب. تستخدم الـ cdma 2000 (MC) معدل شبة قدره (3.68) ميغا شبة/ثا

2. بنية الدليل

أ. تستخدم الدليل المشترك (CDM).

ب. تستخدم الدليل المكزس (TDM).

3. التزامن مقابل عدم التزامن.

أ. تستخدم الـ WCDMA (DS) عدم تزامن/تزامن

ب. تستخدم الـ cdma 2000 (MC) التزامن.

للمنظومتين المقترحتين WCDMA و cdma 2000 عناصر مواعمة (interfaces) مشتركة على جانب الشبكة. لهذا يمكننا أن نسميهما بنمطين ضمن معيار عالمي ثالث واحد

### 4.2.7 لقاء تورنتو

تم إقرار ما يلي من قبل مجموعة تآلف المشغلين (OHG) في تورنتو// وصدقه الاتحاد

الدولي للاتصالات ITU [2].

**الطبقة الفيزيائية (L1):** عُرِّفَت بنية القناة المشتركة المقترحة، مع بتات الموضوع (position) وفقاً لمتطلبات الـ (WCDMA) حيث عرفت كل من قناة دليل مشتركة مشتركة أولية (CPICH: Common Pilot Channel) وقناة تزامن (SCH Sync channel) وقناة دليل تحكم مشتركة ثانوية (SCCPCH: Secondary Common Control Pilot Channel) مشتركة ثانوية (SCCPCH: Secondary Common Control Pilot Channel) إن لقناة دليل مكرسه ثلث معدل (1/3) ترميز FEC وعامل نشر 256 إن عدد بتات. الدليل المطبقة على قناة حركة مكرسة لا يزال قيد الاعتبار.

### متطلبات التآلف

إن متطلبات التآلف مدرجة أدناه:

1. يجب على الخدمات المعتمدة على الـ (GSM MAP) والـ (ANSI-41) أن تكون مدعّمة في شبكة النفاذ الراديوي ومضمومة مع أنماط الـ (3G-CDMA) الثلاثة.
2. دعم وظائف معتمدة على تشغيل متزامن مثل حساب الموقع وهكذا.
3. أن تدعم المناولة المتحركة (seamless) بين الـ DS والـ MC للتألفين، بما فيه IS-95 لأجل ANSI-41 والمعادل لهذا لأجل UMTS/GSM.
4. تخفيض تعقيد الطرفيات والتجهيزات مزدوجة النمط ومتعددة النطاق الترددي للحد الأدنى.

**طريقة التآلف Harmonization Approach:** بين الشكل رقم (1.7) غطط مفهوم التآلف المطلوب لتحقيق هذه المتطلبات لأجل النمطين DS و MC. مع ملاحظة بأن الشكل يتضمن تبديلات معتبرة للطبقة الفيزيائية L1

تتضمن طريقة التآلف المبينة بالشكل رقم (1.7) العناصر التالية:

1. من أجل النمط DS إن نقطة بدء عطف القاعدة لدعم كلا شبكسي النواة هي:  
أ. L1 كما ذكر سابقاً

ب. W-CDMA L2

ج. تحكم بموارد راديوية (RRC: Radio Resource Control) للطبقة الثالثة لتقسيم رمز

متعدد النفاذ عريض النطاق (W-CDMA – L3)

2. من أجل النمط MC، إن نقطة بدء خط القاعدة لدعم كلا شبكتي النواة هي:

أ. L1 كما ذكر سابقاً

ب. L2 cdma 2000

ج. تحكم بموارد راديوية (RRC) للطبقة الثالثة لتقسيم رمز متعدد النفاذ  
(cdma 2000 L3)

3. من أجل النمط (TDD) إن نقطة بدء خط القاعدة لدعم كلا شبكتي النواة:

أ. الطبقة L1 للنمط TDD، الطبقة الفيزيائية

ب. الطبقة L2 للنمط TDD وفقاً لمشروع شريك الجيل الثالث (3GPP: Third Generation Partner Project)

ج. تحكم بموارد راديوية للطبقة الثالثة بالنمط (TDD) وفقاً لـ 3GPP

4. مفهوم الخطافات (كلايات) (hooks) كما هو مبين في الشكل رقم (10.4) معرّف كأى وظيفة (functionality) محددة للإصدار الأول للمعايير بحيث أن التوسعات بحاجة لتحقيق المتطلبات المذكورة أعلاه ممكنة التعريف بالتفصيل.

5. مفهوم التوسعات (extensions) كما هو مبين في الشكل رقم (10.4) معرّف كأى وظيفة إضافية (functionality) عند أي طبقة بحاجة للتحديد بالتفصيل لمواجهة المتطلبات المذكورة أعلاه، مفترضين أن الكلايات المناسبة في موضعها تمكينا للتوسعات أن تكون معرّفة بدون تبديلات رئيسية لهيكل كولات خط القاعدة.

الانهاض (الانشط) في الأطوار Break down in phases<sup>2/</sup>: سيتم تطوير بروتوكول الطبقتين (2) و(3) للنشر المباشر والحامل المتعدد ومزوجة تقسيم الزمن (TDD) وفقاً لما تم ذكره أدناه (متضمناً أية تأثيرات مترتبة على الطبقات الفيزيائية) في طورين:

الطور 1: سيتم استكمال معلومات خط القاعدة لجميع الطبقات الراديوية الثلاث بما فيه الكلايات كما عرفت أعلاه أولاً

الطور 2: استكمال جميع المواصفات التفصيلية لجميع توسعات الطور (1) اللازمة لدعم نواة شبكتي كل من (ANSI-41) و(GSM) بصورة كاملة.

يبين الشكل رقم (2.7) وجهة نظر أكثر تفصيلاً لأسلوب بنية البروتوكول لأجل نمط النشر المباشر (DS) المرتبط مع شبكة الـ ANSI-41 المعتمدة على مبادئ الشكل رقم (1.7)

قد يتتقي مشغلو الجيل الثالث (3G) مجموعات من أكداس بروتوكول وفقاً لمتطلباتهم الوطنية والإقليمية. يجب على المواصفة العالمية للجيل الثالث العالمي (G3G) أن تكون تفصيلية بشكل كاف بحيث يسمح للمشغلين الاختيار بحرية بين مختلف النفاذ الراديوي المتألف وشبكات النواة (Core networks).

### 3.7 طريقة بسيطة للتقارب إلى حلم الجيل الثالث العالمي<sup>3/</sup>

سيناقش هذا المقطع الوصول إلى حلم الجيل الثالث العالمي لصناعة المتنقل اللاسلكي. طبعاً من الواجب أن نسأل أنفسنا أولاً هل يمكن إنجاز معيار الجيل الثالث العالمي بسهولة؟

#### 1.3.7 هل نستطيع امتلاك معيار للجيل الثالث العالمي (G3G)؟

يمكن باستخدام معيار الجيل الثالث العالمي تحقيق هدف هاتف عمول باليد مستقبلي يمكن الاستخدام في أي مكان في العالم. تستفيد الـ GSM اليوم مسبقاً من هذا الهدف، فالـ GSM منظومة TDMA وهي ليست منظومة معطيات عالية السرعة. إن الـ CDMA اختصار صحيح من أجل منظومة معطيات عالية السرعة. رغباً عن أن الإنجاز ليس سهلاً سياسياً فإن معيار الجيل الثالث الذي نرغب بالحصول عليه هو منظومة CDMA بمعيار كوني وحيد يمكن أن يكون مقبولاً فنياً من جميع الشركات المصنعة الدولية.

أحيل عام 1998 ثلاثة عشر معياراً للجيل العالمي الثالث (G3G) مقترحاً اعتماداً على منظومة CDMA إلى الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU) (انظر الشكل 4.3)، مسؤولية الاتحاد أن يجد معياراً واحداً من بينهم ومع ذلك إن هذا غير ممكن رغباً عن أن المشغلين يشعرون بأن طريقة مقارنة تقارب ثلاثة عشر معياراً لمعيار واحد هي الطريقة المناسبة للمضي بها، فإن عدد الباعة الذين يدعمون ذلك قليل لهذا فلهم ينظرون إلى تقارب الائتلاف Harmonization Approach من تألف ثلاثة عشر معياراً إلى معايير قليلة كعيار بديل. قد يحاول المشغلون امتلاك جهاز عمول باليد (hand set) قادر على أن يكون هاتف

متعدد الأنماط ومتعدد النطاقات. هذه الطريقة ليست سهلة أيضاً. إحدى الأفكار هي تطوير أجهزة راديو معرّفة بالبرمجيات (software) (أنظر للمقطع 4.7). إذا كان هذا النوع من أجهزة الراديو ممكن التطوير بنجاح فإننا لا نحتاج لمعيار الجيل الثالث. فالوظيفة القابلة للبرمجة في الجهاز المحمول باليد hand set ممكنة التبديل ببساطة من منظومة لأخرى بالضغظ على زر لكن لا يمكن إنجاز ذلك في المستقبل القريب.

خلال ذلك. يمكننا أن نفكر بمعايرة بطاقة عامة ذكية يمكن إدخالها في أي هاتف. فعلى سبيل المثال يغلو أي هاتف إقليمي مختلف، وببطاقة ذكية لشخص ما يتم إدخالها فيه، هاتفاً شخصياً. إذا استخدمت هذه الطريقة فإن مسألة التحوّل تصبح محلولة. ومنظومة الجيل الثالث تصبح غير ملحة. إن بالإمكان استمرار الاحتفاظ بمعيار المنظومة الإقليمية والهواتف الإقليمية ذات نافذة البطاقة الذكية العامة ممكنة الاستحار في المطارات والمرافق الإقليمية.

### 2.3.7 يمكن لبطاقة ذكية بسيطة أن تحول الجيل الثالث العالمي إلى منظومة

#### اتصالات جيل ثالث لاسلكية ممتازة

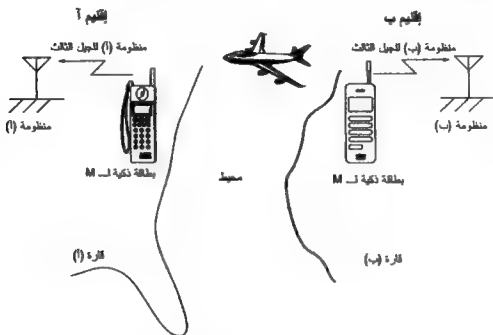
إذا طورت بطاقة ذكية عالمياً (بطاقة معيارية) (أنظر الشكل رقم 4.7) لا يصبح معيار الجيل العالمي ضرورة ملحة. يمكن الحصول على معيار جيل ثالث إقليمي أولاً. فكل إقليم قادر على تكريس جهوده لتطوير منظومة أفضل. لا داعي لحل وسط في تطوير منظومة جيل ثالث إقليمية. مثلاً لن يكون الجدال المتعلق بـ 4.096 أو 3.86 أو 3.68 ميغا شبة/ثا (Mcps) كمعدلات رقاقة لمعيار الجيل الثالث العالمي قائماً. ليس لمعدلات الرقاقة المختلفة تأثير على هذا الحل البسيط. بالإضافة إلى ذلك يمكن للهوائي الذكي المتقدم (أنظر للمقطع 5.7) المتكامل مع محطة القاعدة أن يربح سعة عالية. إن الشبكة المعتمدة على بروتوكول الانترنت (IP) مع إما مركزية نمط نقل غير متزامن (ATM Centric) أو مركزية مسير (محدد مسار) (router) (أنظر للمقطع 2.8) قادرة على تخفيض كلفة التشغيل وزيادة معدل المعطيات. طبعاً إن الجودة الكلامية وأداء المنظومة هما العاملان الرئيسيان اللذان يعطيان السرور في نفوس المستخدمين وبخاصة لأن يؤخذ بالاعتبار حيناً.

بعد أن تنتشر منظومات الجيل الثالث، يمكن للمستخدمين تقييمها ومن ثم انتقاء المنظومة

الأفضل. تستطيع المنظومات الباقية في الأسواق الإقليمية التكيف في حينه مع المنظومة الإقليمية الأفضل. في النهاية سوف تطلق منظومة جيل ثالث عالمية (Universal).

#### 4.7 راديو البرمجيات Software radio /4

راديو البرمجيات هو الراديو القادر على العمل في أية منظومة راديوية من خلال برمجة برمجيات (Software programming). جاءت الفكرة الأولى لراديو البرمجيات من Don Steibecher\* وقد دعاه بالراديو القابل للبرمجة عام 1993. اقترح W. Lee خلال لقاء لدى (Pactel) تسميته براديو البرمجيات بدلاً عن الراديو القابل للبرمجة.



الشكل 4.7: مفهوم البطاقة الذكية الكونية

لا يزال راديو البرمجيات في مرحلة الطفولة. العنصر الرئيسي في هذا الراديو هو في التبدل التماثلي/الرقمي (A/D) عالي السرعة. يمكن للتحويل الرقمي أن يكون اليوم (100) ميغابت/ثا. ولكل عينة 122 مستويًا.

يجب على تردد الإشارة الراديوية الآن أن يخفض ويحول إلى نطاق تردد متوسط (IF)

\*. عرف الدكتور J.Mitola كأول من نشر مفهوم راديو البرمجيات عام 1992 أيضاً.

حوالي (100) ميغاهرتز، مثل هذا التحويل (A/D) ممكن الاستخدام في التحويل الرقمي (To digitize) للإشارة إلى الشكل (النسق) الرقمي (digital format). إن على معالج الإشارة الرقمية (DSP: Digital Signal Processor) أن يمتلك سرعة عالية أيضاً لمعالجة وظائف مثل التنصية (الترشيح) (filtering)، والتعديل، وكشف التعديل (demodulation)، والتسوية (equalization)، ومستقبل المشط (rake receiver)، والرابط (correlator)، وترميز القناة، والتشفير، والتنوع (diversity). سيكون لراديو البرمجيات المثالي مبدلاً تمثالياً/رقمياً (A/D) موضوعاً قبل المضخمات عالية القدرة (HPA) عند الإرسال (HPAs: High Power Amplifiers) وتماماً بعد المضخم منخفض الضجيج (LNA) عند الاستقبال كما هو مبين في الشكل رقم (5.7). يحتاج هذان النوعان من المضخمات إلى جهاز ذي نطاق عريض وخطي، والذي يمكن إنجازه تدريجياً بواسطة عدة تقنيات ناجمة عن تطور هام (أنظر المقطع 17.7).

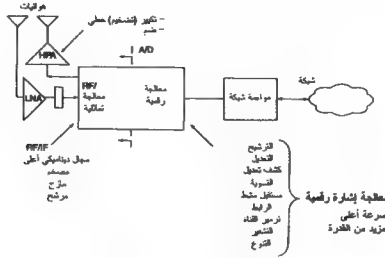
إذا أمكن لراديو البرمجيات أن يكون جاهزاً قريباً، قد لا نحتاج للحيل الثالث العالمي. يمكن إجراء مشاهة وكان الجيل الثالث العالمي لغة موحدة على كل فرد أن يتعلم كيف يتحدث بها. يمكننا أن نشبه راديو البرمجيات بشخص بإمكانه التحدث بلغات كثيرة وبإمكانه التكلم مع أي شخص آخر باستخدام لغة محلية. في هذه الحالة يمكن لكل محطة قاعدة أن تمتلك منظومة جيل ثالث مختلفة فهي اللغة المحلية في هذه الحالة.

فقط الجهاز المحمول باليد handset له راديو البرمجيات وبإمكانه التغير من خلال البرمجيات إلى منظومة محطة القاعدة المحلية. ويتحقق بإمكانية التغير هذه التحول العالمي. وبدلاً من ذلك، يمكن للجهاز المحمول باليد (hand set) أن يكون من منظومة جيل ثالث مختلف، ويمكن لكل محطة قاعدة أن تمتلك راديو برمجيات (Software Radio) وبإمكانها تحليل الإشارة المستقبلية والتقاط المنظومة الصحيحة للاستخدام في الاستجابة الصحيحة، في هذه الحالة يحتاج كل جهاز محمول باليد (handset) للتسجيل المسبق (preregister) مع محطة القاعدة المحلية وإلا فإن المكالمات الصادرة عبر الخط السلكي تجد وقتاً صعباً للوصول إلى الجهاز المحمول باليد. استخدم فيما بعد الاسم راديو البرمجيات للجهاز النهائي (ultimate)، واستخدم اسم الراديو المعروف بالبرمجيات لمعالج الإشارة في الـ DSP ودعم العتاد (التجهيزات) (hardware).

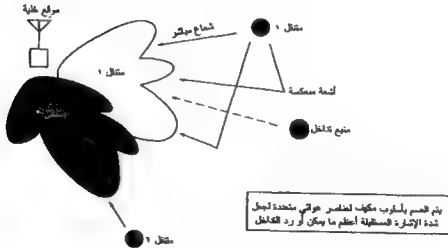


## 5.7 إلى أي حد إن الهوائي الذكي - ذكي 15/

الهوائي الذكي اسم عام تستخدمه الصناعة بصورة شائعة حتى قبل أي اختبار يدل على أنه ذكي أم لا. قد تمتلك بعض الهوائيات الذكية علامة IQ\* منخفضة. يمكن تقسيم الهوائي الذكي إلى فئتين: الكشف الأعمى (blind detection) وإدارة الحزمة (beam management)



الشكل 5.7: راديو برمجيات مثالي



الشكل 6.7: الهوائي الذكي

IQ: Incoming Quality .°

الكشف الأعمى هو التقنية التي تستخدم عناصر هوائي كحساسات كشف ذكية لإشارتين أو أكثر عند الاستقبال. عند نشر عدد كاف من الحساسات عند نهاية الاستقبال، فإن المعلومات من كل إشارة قادمة ممثلة ذات شدة مستوى مختلفة عند كل حساس. يتلقى الكشف الأعمى مصفوفة من المعلومات ويمضي عبر عملية فك لف (deconvolution process) باستخدام موقع الحساس النسبي. إن الخرج قادر بعد ذلك على فك ترابط (decorrelate) الإشارات كل على حدة. بإمكان الكشف الأعمى تحسين الإشارة المرغوبة وحذف الإشارة غير المرغوبة. إن التنوع الفراغي (space diversity) المكون من (N) هوائي فرعي متنوع، مجموعة فرعية من الكشف الأعمى. ورغم أن التنوع الفراغي يحسن فقط الإشارة المرغوبة إلا أنه قد يعتبر كشفاً أعمى لإشارة مفردة.

تقسم إدارة الحزمة إلى تقنيتين، 1. تبديل حزمة (beam switching) و 2. تشكيل حزمة (beam forming)، يدعى تشكيل الحزمة أحياناً بتشكيل الحزمة المكيف (adaptive) وكلاهما يستخدم صيف هوائيات (antenna array).

إن تقنيات تشكيل الحزمة صعبة التطبيق نسبياً على طرفيات متحركة مع الدقة وزمن التأخير (latency) المطلوبين. لهذا فإن تبديل الحزمة (beam switching) مستخدم ومطبق حالياً. إن تبديل الحزمة مطبق في محطات القاعدة للإرسال والاستقبال. فهو يبدل حزم الهوائي المتعددة بذكاء (أنظر الشكل رقم 6.7) متبعم الطرفية المتحركة من حزمة إلى أخرى. في هذه الحالة ينخفض التداخل وكما هو مبين في المقطع (5.3)، فإن تخفيض التداخل يعنى زيادة السعة.

يستخدم تشكيل الحزمة صيف هوائي مكيف وهو مستخدم عسكرياً لمقاومة التشويش على الطائرات. عند استخدام تشكيل الحزمة في المنظومة الخليوية فإن الظروف المحيطة الخليوية مختلفة عن الظروف المحيطة الجوية في ما يلي:

1. إلها في وضعية خارج خط النظر.
2. يستقبل اللاقط التداخل وأيضاً إشارات متعددة للसार على السواء.
3. عندما تتحرك المحطة المتقلة في المحيط تتبدل شدة الإشارة المستقبلية باستمرار نظراً لأنه يحيط غير مستقر.

يطبق في الوقت الحاضر تشكيل الحزمة عادة على منظومات الـ WLL. في المستقبل عندما يكون معالج الإشارة الرقمية (DSP) أسرع والخوارزمية الجديدة أبسط سيكون زمن المقاربة (Convergent) لتشكيل الحزمة (بما فيه تصفير وملاحقة الحزمة)\* ضمن المجال الزمني المحدد للاستخدام في المنظومة الخلوية.

## 6.7 معايير أداء للمعطيات والكلام في الاتصالات اللاسلكية مختلفة عن

### بعضها

بدأ عصر اتصالات المعطيات الآن. نحتاج في اتصالات المعطيات إلى استخدام شكل معطيات الرزم. تحتوي كل رزمة على ترويسة (a header) تحبر عن عنوان الوجهة. وبسبب رزم المعطيات يمكن استخدام قناة إشارة لإرسال إشارات مختلفة إلى وجهات مختلفة. لهذا يمكن استخدام قناة فيزيائية واحدة لعدة أفنية افتراضية (virtual). لإرسال معطيات الرزم علينا أن نمتلك بدالات رزم. حالياً إن تجهيزات البدالات هي بصورة رئيسية بدالات دائرة (circuit switches) للخدمة الصوتية. حالما تكون بدالات الرزم في موضعها فإن معايير الأداء لأجل معطيات الرزم تتبدل.

إن معايير الأداء في بدالات الدارة لأجل الصوت هي معدل حجب الاتصال (the block cell rate) ومعدل انقطاع المكالمات (dropped cell) والجودة الكلامية. إن معايير الأداء لبدالات الرزم لأجل المعطيات هي زمن التأخير (التريث) (latency) ومعدل تدفق (through put) المعطيات والاستعلام (inquiry) في الوقت الحقيقي (real time)، إذا كان تشارك الطيف ينطبق على كل من الصوت والمعطيات، فبسبب الاختلاف في معايير الأداء يجب كتابة خطوط إرشادية (guide lines) جديدة بالاشتراك مع الـ FCC. باعتبار أن الصوت هو عملية بالوقت الحقيقي، حيث لا تسمح مع تأخير الزمن، وعلى الجودة الكلامية أيضاً أن يحافظ عليها عند مستوى مقبول. ومن ناحية أخرى فإن عمل المعطيات ليس بالوقت الحقيقي. يمكن معالجة أخطاء المعطيات بالتأخير الزمني لإعادة إرسال تصحيح

\* (Beam nulling and beam tracking).

الخطأ.

الفائدة الأخرى الرئيسية لمعطيات الرزم هي في أن وصلة المعطيات موصولة افتراضياً (virtually) طيلة الوقت. لهذا لا انقطاع مكالمات ممكن الحدوث. ونظراً لأن الصوت يكون بصورة معطيات في الأنظمة الرقمية، فإن بدالات الرزم قادرة على إرسال الصوت لكن الصعوبات التالية حتمية الحدوث:

1. تحتاج رزم الصوت عبر بدالات الرزم لأن تكون لها أفضلية (priority).
2. عندما تكون رزمة الصوت في منطقة المناولة، فإن على ترويسات الرزمة أن تحمل معلومات الموقع.

لهذا فإن الصوت عبر الرزم تقانة جارية (on going). البروتوكول المفضل حالياً هو رزمة بروتوكول الانترنت. استخدم الصوت على بروتوكول الانترنت (VoIP: Voice Over IP) عبر خط الانترنت السلبي بأداء ممتاز. لكن أداء الصوت على شبكة نواة بروتوكول الانترنت اللاسلكية لا يزال يحتاج إلى استقصاء.

إن بدالة رزم GSM هي منظومة الرزم الراديوية العامة (GPRS: General Packet Radio System) بإمكانها الآن التعامل مع حركة معطيات (data traffic) فقط. في النهاية سوف تتولى خدمات كل من الصوت والمعطيات. يخطط الجيل العالمي الثالث (3G) (G3G) لامتلاك شبكة نواة بروتوكول الانترنت لاسلكية تتولى خدمات الصوت والمعطيات في المستقبل.

## 7.7 بدالة نمط نقل غير متزامن لأجل معطيات رزم<sup>16/</sup>

إحدى بدالات الرزم حالياً هي بدالة (ATM). تستخدم بدالة الـ (ATM) بنية "خلية"، يجب عدم الخلط بينها وبين الخلية الخليوية. يعرف معيار الـ (ATM) أو شبكة الخدمات المتكاملة الرقمية عريضة النطاق (ISDN: Integrated Service Digital Network) الخلية بتلك التي لها طول ثابت قدره (53) بايت، مؤلف من ترويسة ذات (5) بايت وحمل صافياً (pay land) من (48) بايت. تحتوي كل ترويسة خلية على معرف قناة افتراضي (VCI: Virtual Channel Identifier) لتعريف التوصيل الافتراضي الذي تتبع له الخلية. إن

تقانة الـ ATM بسبب مرونتها ودعمها للحركة متعددة الوسائط، فإنها تجلب اهتماماً وانتهاهاً كبيرين. نحتاج في الاتصالات السلكية واللاسلكية لبدالات عريضة النطاق وبدالات ATM مثالية لهذه التطبيقات. طورت هذه البدالات ATM في البداية من أجل تجهيزات الشبكات الواسعة المساحة (WAN: Wide Area Networking). إن الـ ATM مصممة لدعم حركة اتصالات متعددة الوسائط فهي تقدم فائدة مناولة أفضى الإشارة عريضة النطاق لضرورة لحركة اتصالات المعطيات المتزايدة الحجم. إن شبكة الـ ATM مبنية في الشكل رقم (7.7). كما ذكر سابقاً إن الـ ATM تقانة تبديل رزم (packet switching) عالية السرعة تستخدم رزماً بطول ثابت قصير. يسيطر طول الخلايا الثابت من تصميم بدالة الـ ATM في حالات سرعة التبديل العالية. تقلل الخلية ذات الطول القصير المعيارية لتأخير الزمن واختلافه الذي هو عبارة عن ارتعاش (jitter) في الخدمات الحساسة للتأخير مثل الصوت والتلفزيون. لهذا السبب إن الخلايا القصيرة الثابتة قادرة على دعم مجال واسع من أنواع الحركة المختلفة مثل الصوت والتلفزيون والصورة. تتناول بدالة (ATM) كحد أدنى عدة مئات الآلاف من الخلايا في الثانية عند منفذ (باب) كل بدالة. يدعم كل منفذ بدالة معدل تدفق لا يقل عن (50) ميغابت/ثا، والـ (150) والـ (600) ميغابت/ثا مقترحان كمنفذين معياريين. ويكون لبدالة الـ ATM عادة 50 منفذاً وتعتبر البدالات التي لها أكثر من (100) منفذاً بدالة كبيرة. يبين الشكل رقم (8.7) بنية بدالة ATM عامة. في بدالة الـ ATM إن وصول الخلايا ليس مُحدّلاً (scheduled).

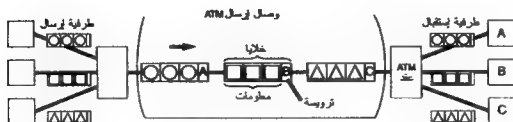
قد يطلب عدد من الخلايا من منافذ دخل مختلفة نفس منفذ الخرج بنفس الوقت. يدعى ذلك بتنازع الخرج. يمكن لمنفذ خرج أن يرسل خلية واحدة فقط في وقت ما. لهذا فإن خلية واحدة ممكنة القبول للإرسال. أما الخلايا الباقية من تطلب المنفذ بنفس الوقت فيجب إما تخزينها مؤقتاً (buffered) أو نبذها.

إن النواحي الأكثر أهمية في تصميم بدالة ATM هي:

1. التركيبية البنوية (topology) للبدالة، مثل تقسيم الزمن (time division) والتقسيم الفراغي (space division)
2. مواضع ذواكر الخلية للوقت (cell buffers) مثل التخزين للوقت الداخلي (internal)

(buffering) (التشارك بالنواكر الموقفة لتقليل عدد ذواكر الخلية الموقفة) والتخزين الخارجي الموقف (للدعم مستويات الأولوية لمختلف أصناف حركة الاتصالات)  
3. آلية حل التنازع (التنافس) [الضغط الخلفي (الترجيع: sending back) أو الانحراف (deflection) (التسيير: routing) أو الحسارة]

١٢



الشكل 7.7: شبكة ATM

إن بدالات الـ ATM موجهة التوصيل (connection-oriented)، لكن عندما يكون مخدّم بلا توصيل (connectionless) (بدالة رزم مثل مسير) مرتبط مع بدالة ATM، فيمكنها توفير خدمة بلا توصيل (أنظر المقطع 13.8). يمكن للـ (ATM) أيضاً استخدام خلايا طبقة بروتوكول الانترنت (IP) تدعى (ATM/IP) لتكوين شبكة بروتوكول إنترنت (IP) معتمدة على الـ ATM.

ستنافس شبكة IP المعتمدة على الـ (ATM) مستقبلاً شبكة IP المعتمدة على المسير (router) سعياً لحلول قليلة الكلفة وذات أداء أفضل. هناك نقاشات حولها مشروحة في المقطع (7.8).

## 8.7 الخدمات المعتمدة على منظومة تحديد الموقع العالمية (GPS)

الـ GPS منظومة أمريكية لإيجاد الموقع سواء على الأرض أو في الجو. إنها منظومة مدار أرضي متوسط (MEO: Medium Earth Orbit)، وارتفاعها هو (11000) ميل. إن زمن دوران كل ساتل في منظومة الـ GPS حول الأرض هو (12) ساعة. باعتبار أن موقع كل ساتل  $(x_i, y_i, z_i, t_i)$  ووقته  $t_i$  معروفين، حيث أن  $i = 1, 2, 3, 4$  فإن بإمكاننا إيجاد موقع الوحدة الأرضي  $(a, b, c, t)$

$$[1.7] \dots (a-x_1)^2 + (b-y_1)^2 + (c-z_1)^2 = (t_0 - t_1)^2$$

$$[2.7] \dots (a-x_2)^2 + (b-y_2)^2 + (c-z_2)^2 = (t_0 - t_2)^2$$

$$[3.7] \dots (a-x_3)^2 + (b-y_3)^2 + (c-z_3)^2 = (t_0 - t_3)^2$$

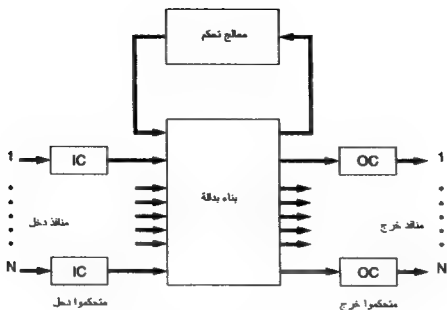
$$[4.7] \dots (a-x_4)^2 + (b-y_4)^2 + (c-z_4)^2 = (t_0 - t_4)^2$$

لهذا فإن GPS قادرة على إعطاء الموقع على الأرض والارتفاع. في المعادلات المذكورة أعلاه، إذا جعلنا الارتفاع رقماً معروفاً أو عند مستوى الأرض، أي أنه ثابت  $c =$  عندئذ يتبقى لدينا ثلاثة مجاهيل  $(a, b, t_0)$  يعني هذا بأننا نحتاج لثلاثة سواتل للحصول على الموقع الأرضي. في حال كان ساتلان مرثيان فقط، عندئذ فإن الدقة تصبح ضعيفة. تحتاج منظومة GPS لـ (18) ساتلاً لتغطية كامل الكرة الأرضية. يوجد (24) ساتلاً ستة منها احتياطية.

وإن منظومة GPS منظومة إرسال باتجاه واحد. فالسواتل ترسل إشارات طيف منشور بالترميز (C) (تقريبي) وبالترميز (P) (دقيق). الترميز (C) للأغراض التجارية والترميز (P) لأغراض حكومية. يوضع مستقبل GPS على عربة متحركة أو منصة ترحال (nomadic). صنعت شركة (Tremble Navigation) جهاز استقبال (GPS) تجاري بكلفة حوالي (5000) دولاراً عام 1985. أما اليوم فإن مستقبل GPS ليس مكلفاً إطلاقاً وتكلفته أقل من (100) دولاراً.

إن الموقع الأرضي الذي تم الحصول عليه من الـ (GPS) هو بدقة (10) أمتار في 80% من الوقت، في منطقة مفتوحة أو خارج الأبنية. وتكون فرصة رؤية ثلاثة سواتل في الشارع أو بين بنائين عاليين أقل والدقة تنخفض.

لا يستطيع مستقبل GPS عادي استقبال إشارات داخل بناء من ساتل في منظومة الـ GPS. إلا أن بمقدور مستقبل الـ GPS العالي الحساسية المبني على تجهيزات (hardware) وعلى برمجيات متقدمة (DSP: Digital Signal Processing) الحصول على (20) ديسبل ربح يفوق ربح المستقبل العادي وعندها فقط يمكن الحصول على الموقع ضمن البناء. كانت شركة (Snap Track) أول شركة تبين ذلك 1/8. إن منظومة الـ GPS قادرة على تحديد موقع الطائرات والأسطول (fleet) والسيارات والأشخاص.



الشكل 8.7: بنية بدالة (ATM)

يمكن للخدمات المعتمدة على الموقع باستخدام منظومة الـ GPS أن تكون خدمات قائمة بذاتها. إذ يمكن لشخص أن يجد موقعه في حال زود مستقبل الـ GPS بترجمة للبرمجيات (software) من قيم خط الطول والعرض إلى اسم الطريق أو العنوان. إن الخدمة في منظومة الـ GPS مجانية وتحتاج فقط لشراء جهاز استقبال. مع ذلك ومن أجل استخدام مزودي الخدمة في المنظومة الخليوية/PCS لمعلومات الموقع من منظومة الـ GPS، فإن عليهم إيجاد وسائل لاستقبال معلومات الموقع من الجهاز المتنقل وإعادتها إلى مواقع الخلايا.

فائدة أخرى من استخدام منظومة الـ GPS هو تزامن منظومة الاتصالات اللاسلكية لأجل النمطين FDD أو TDD. توفر الـ GPS ساعة رئيسية (master clock) مجانية ودقيقة. لهذا فإن منظومات الاتصالات لم تعد تحتاج منظومة غير متزامنة (Asynchronous).

لكن بعض الدول الأجنبية ولأسباب أمنية قد لا ترغب بالاعتماد على ساعة الـ GPS الرئيسية للولايات المتحدة. يجب التخفيف من هذا القلق بسبب الاستخدام الكثيف لمنظومة الـ GPS في خدمات مختلفة كثيرة في الولايات المتحدة، خاصة خدمات الـ E 911. يجب أن تكون منظومة الـ GPS مصدراً آمناً جيداً.



## 9.7 تقللت الموقع وبنية المنظومة لأجل (E 911) 191

أصدرت الـ FCC تكليفاً إلزامياً لمخدي منظومة الـ PCS الخليوي لتنفيذ الـ E 911 على مرحلتين: المرحلة (1)، تقرير E 911، تشرين الأول أكتوبر، 1998 (خدمة هواتف خلية مجازة أو غير مجازة)

المرحلة (2) موقع E 911، تشرين الأول أكتوبر، 2001.

في المرحلة (2)، دقة الموقع ضمن (125) متراً باحتمال 67 بالمائة. إن زمن الاستجابة للموقع غير محددة. قد يتعين عليه أن يكون ضمن زمن توصيل الـ E 911. إن الـ 67 بالمائة غامضة أيضاً قد تعني 67 بالمائة م ن المساحة الكلية أو 67 بالمائة من التوصيل (connections) الناجح في أي موقع، أو 67 بالمائة من الأجهزة المحمولة باليد. لم تعرّف الـ FCC ذلك بوضوح بعد.

### 1.9.7 تقللت الموقع

هناك ثلاث تقانات أساسية مختلفة لإيجاد الموقع

باستخدام تقانات موقع معتمدة على الجهاز المتنقل.

1. التقدير الميت بدون استخدام أجهزة الملاحة الفلكية (Dead Reckoning): تجهز المحطة المتنقلة ببوصلة ومقياس سرعة للملاحقة موقع الجهاز المتنقل. إن الكلفة عالية ولا يمكن التحكم بالدقة.

2. منظومة Loran-C: استخدمت هذه المنظومة من قبل خفر السواحل الأمريكية ذات منارات متعددة متوضعة بجانب الشاطئ ترسل إشارة نغمة قدرها (500) كيلوهرتز مع معلومات عن موقعها. يحصل مستقبل Loran-C على ثلاث إشارات منارة أو أكثر للتثليث (triangulate) ومعرفة موقع جهاز الاستقبال. تكون دقة الموقع ضعيفة جداً في بعض الأحيان بسبب عدد المنارات ومواقعها بالنسبة لمستقبل Loran-C. لا تتوفر منارات Loran-C في بعض المناطق خاصة المناطق الداخلية.

3. منظومة الـ GPS: منظومة دقيقة جداً (أنظر المقطع 8.7).

## باستخدام تقنيات موقع معتمدة على الشبكة

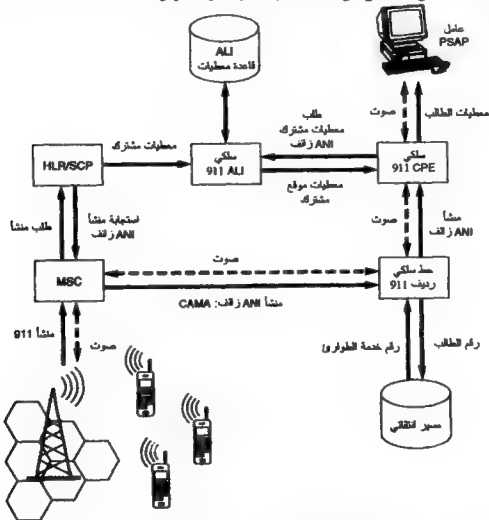
تتوضع المستقبلات في مواضع الخلايا. بإمكان هذه المستقبلات استقبال المعلومات من الوحدة المتنقلة إما من (1) شدة الإشارة و(2) زاوية الورد و(3) زمن الوصول (TOA: Time of Arrival) أو زمن الوصول التفاضلي (DTOA: Differential Time of Arrival). تستخدم بعض أجهزة الاستقبال تقانة واحدة من المذكورة أعلاه وبعضها يستخدم اثنتين أو حتى ثلاث لزيادة الدقة. بعد ذلك واعتماداً على المعلومات من تثلث ثلاثة مواقع خلايا أو أكثر يمكن الحصول على موقع الجهاز المتنقل. لتقنيات الموقع المعتمدة على الشبكة هذه بعض المحاسن والمساوئ.

1. لا داعي لتعديل جميع الأجهزة المحمولة باليد
2. إن الكلفة أقل إذا كانت متطلبات الـ FCC لا تحتاج إلى الوفاء بها
3. التقانة أبسط
4. لا داعي للحصول على معلومات الموقع مرسله من الجهاز المتنقل إلى مواقع الخلايا إذ تحصل مواقع الخلايا على موقع الجهاز المتنقل بنفسها.
5. مسألة واحدة تنجم عن استخدام هذه التقانة هي دقة الموقع. من الصعب جداً الوفاء بمطلب الـ FCC لنتائج الموقع، إضافة إلى عدم التأكد الناجم عن حالة خفوت تعدد المسار لكل موقع خلية التي تجعل من هذه التقانة صعبة المتابعة.
6. في منظومات الـ cdma One بسبب خوارزمية التحكم بالقدرة فإن على مرسل الجهاز المتنقل أن يخفض من قدرته عند الاقتراب من موقع خلية. ويعني هذا بأن مواقع الخلايا المجاورة مستقبل إشارة أضعف أو غير قابلة للاستخدام. عندئذ لا يمكن تطبيق التقنيات المنظومة المهيجنة (Hybrid System): هذه وسيلة تضم تقنيات في المنظومات المعتمدة على الأجهزة المتنقلة (mobile) والشبكة (network) لخدمة كل من الوحدات المتنقلة القائمة (أو الأجهزة المحمولة باليد) والوحدات المتنقلة المستقبلية (المزودة بمستقبل GPS).

**منظومة Qual Comm:** تستخدم هذه المنظومة مستقبل الـ GPS. في موقع كل خلية في منظومة cdma One ليكون المصدر المعروف. تستقبل الخلية المتنقلة إشارة دليل CDMA على الأقل من موقع خلية واحد وتحصل على زمن المنظومة من إشارة الدليل. يمكن استخدام



يتم طلب موقع الفريق الطالب من تعريف الموقع الآلي لـ (ALI: Automatic Location Identifier) لتزويد معطياته (الاسم - عنوان الشارع، الخ) من قاعدة معطيات الـ (ALI) إلى المسير (router). سوف يزود كل من الزبون وموضع إحابة سلامة العموم (PSAP: Public Safety Answering Position) بهذه المعلومات.



بنية منظومة الـ (E 911) اللاسلكية: في المنظومة اللاسلكية (أنظر الشكل رقم 10.7) يمر

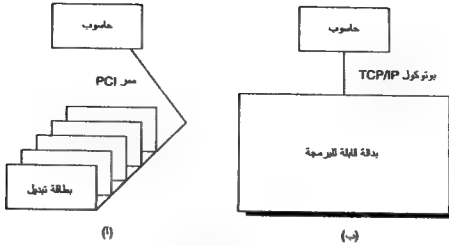
المكالمة عبر متحكم المنظومة الرئيسي (MSC) مع معلومات الموقع إلى نقطة تحكم الخدمة/مسجل الموقع الوطني (HLR/SCP: Home Location Register/Service Control Point) في المنظومة اللاسلكية لا يمتلك المشترك تعريف الرقم الآلي (ANI) لأن الوحدات المتنقلة ليس لها خطوط محددة. لهذا ليس للـ (ANI) أي معنى، ويغادر الـ ANI زائفاً. ترسل معلومات الموقع، ورقم الفريق الطالب وما إلى ذلك إلى الـ E 911 السلكي. يمتد المسار الصوتي عبر (MSC) إلى رديف (E 911) إلى عنصر معالجة الـ E911 المركزي (CPE) السلكي إلى الـ (PSAP) موقع إجابة سلامة العموم. ستكون هناك تعديلات إضافية كثيرة على المنظومة المبينة في الشكل رقم (10.7) مستقبلاً.

### 10.7 للهاتف الحاسوبي (CT: Computer Telephony)

الهاتف الحاسوبي صناعة تهم بتطبيق ذكاء الحاسوب على أجهزة الاتصالات، خاصة البدالات والهواتف. نظراً لأن الهاتف الحاسوبي سيطبق على شبكة الهاتف اللاسلكية مستقبلاً، علينا أن نفهم تشغيلها سلكياً. يمكن للحاسوب أن يكون طرفية أو بديلاً لبدالة تقليدية (a traditional switch). فهو يستفيد من التحسين السريع لقدرة معالجة منظومة الحاسوب (PC/UNIX) ومن البدالة القابلة للبرمجة وشبكة للمنطقة المحلية (LAN: Local Area Network) وتقنيات بروتوكول الانترنت. يمكن للتطبيقات أن تكون:

1. تكامل الحاسوب الشخصي (PC) مع بطاقات تبديل (switching) عبر خط نقل (bus) حاسب شخصي داخلي (PCI) كما هو مبين في الشكل رقم (11.7 أ)
2. تكامل الحاسوب الشخصي مع بدالة قابلة للبرمجة عبر بروتوكول تحكم إرسال/بروتوكول انترنت (TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol) كما هو مبين في الشكل رقم (11.7 ب)

تولد هذه الترتيبات معياراً مفتوحاً لتطبيقات سريعة والبدالة القابلة للبرمجة. تلعب تقانة الـ CT دوراً رئيسياً في إضافة قيمة للخدمات ولمنتجات التبديل (switching) الكثيفة. لهذا السبب فإن باستطاعة الـ CT تخفيض كلفة البنية التحتية للشبكة.



الشكل 11.7: (أ) مكاملة حاسوب شخصي مع بطاقات تبديل عبر خط نقل حاسوب شخصي داخلي،  
(ب) مكاملة حاسوب شخصي مع بدالة قابلة للبرمجة من خلال بروتوكول TCP/IP

### 1.10.7 الشبكة والبدالة القابلة للبرمجة

قد يحقق تطبيق الـCT متطلبات الشبكة الحديثة:

1. شبكة ذكية لاسلكية
  2. العمل البيئي (Inter working) بين الشبكات
  3. البدالات المتنقلة
  4. الانتشار الأسرع في خدمات جديدة متنوعة
- إن البدالة القابلة للبرمجة هي حاسوب متعدد الأغراض. يطور الهاتف الحاسوبي (CT) البدالة القابلة للبرمجة للأسباب التالية:

1. إمكانية التوسع والتدرج (scalability) وبنية/تقانة عصريتان
2. يمكنها النمو مع تقانة الحاسوب
3. يمكن للبرمجيات والعتاد أن يكونا أقل كلفة علاوة على قدرة أكثر
4. يخلق المعيار المفتوح (open) دعم باعة متعددين لأفضل أسعار وخدمات

### 2.10.7 تنوع التطبيق

إن منزلة سوق الهاتف الحاسوبي الحالي معقدة وذات قاعدة عريضة فهو يتضمن

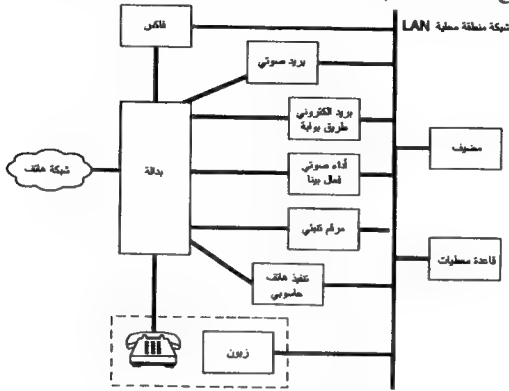
تنوعاً واسعاً لأجهزة محددة التطبيق مثل منظومات أداء صوتي فعالة بيئياً (IVR: Interactive Voice Response) ومنظومات البريد الصوتي (voice mail) وطرق بوابة (gateways) صوتية لبريد إلكتروني وخدمات فاكس، وبدالات (PBX: Private Branch Exchange and CO: Central Office) (بدالة فرع خاص وبدالة مكتب مركزي)، وموزعات مكاملة آلية، ومرقامون تنبئون (predictive dialers). يزداد تعقيد مزلة سوق الهاتف الحاسوبي بالحاجة لجهاز مُستخدم يكامل هذه الأجهزة مع منظومات معتمدة على حاسوب مضيف host-based ومنظومات مخدم - زبون ومنظومات حاسوب مكتبي (desktop).

إن الخدمات قيد التحسين كما أن خدمات جديدة تستخدم تقانات بازغة مثل ضغط وتحميد الصوت، ومودعات المعطيات /الفاكس/ الصوت، ومواعات للهواتف المكتبية وأجهزة ضعف السمع، والهواتف ذات اعتمادية الشاشة screen-based. غدا مشروع شبكات هاتفية ذات هاتف حاسوبي مضاف معقداً جداً لفهمه، وإدارته، أو إعدادة كما هو متوقع، كما أن الازدواجية تزيد من كلفة التنفيذ والخدمة. يبين الشكل رقم (12.7) شبكة محتملة.

### 3.10.7 الربط البيئي وقابلية التشغيل البينية (Interconnection and Interoperability)

ولد تعقيد الهاتف الحاسوبي ربطاً بيئياً هائلاً ومسائل قابلية تشغيل بينية وأدى لتباطؤ نمو سوق الهاتف الحاسوبي بصورة مثيرة. يريد مطورو البرمجيات استحداث تطبيقات متكاملة بضم الزبائن، والخدمات والتقنيات، وفق الضرورة، دون اعتبار للمورد، والبائع، والتقانة، أو مصدر الصناعة. استحدثت قوى السوق الحاجة لمجموعة اتفاقات على كثير من مسائل الأعمال البينية (Inter working)، واتفاقات تسمح للزبون اختيار أي عتاد، وأي منصة (platform) وأي تطبيق مع وضعها معاً لبناء خدمات جديدة واتفاقات تسمح للمستخدمين التمتع بأنمايزات مباشرة وتجنب ازدواجية العتاد والخدمات والإدارة. قابلية التشغيل البينية حاسمة لنمو السوق نظراً لأنها تعرض إنتاجاً قليل الكلفة أسهل في التركيب والصيانة، وأسرع إلى السوق، وتوفر خيارات أكثر للزبائن والموردين. وهكذا يجب

على تنفيذ الهاتف الحاسوبي مخاطبة خمسة عوامل، الأجزاء المستقلة (modularity) وقابلية التوسع، والمرونة، والجسم، وتشارك المورد.



الشكل 12.7: بنية شبكة هاتف حاسوبي

#### 4.10.7 تطور الهاتف الحاسوبي (CT Evolution)

يمكن تقسيم تطور الهاتف الحاسوبي إلى سوق وتقانة:

1. أتى تطور سوق الهاتف الحاسوبي من تطبيقات مراسلة [أداء صوتي فعال بينياً (IVR) وفاكس وخدمات ترأسل صوتية، ويخدم وسط (media server)] إلى تطبيقات تبديل (switching) [مركز مكالمات، وإمام مكالمات، وتبديل switching لاسلكي، وتكامل

تبديل مفتوح (open) و (BCP)

2. أتى نشوء تقانة الهاتف الحاسوبي من تطبيقات عتاد (صوت، فاكس، تكامل PBX، API متعدد الوسط) إلى تطبيقات برمجيات [نمط نقل غير مترامن (ATM)، وإدخال

API: Application Programming Interface.\*



ساخن، ومروعة لاسلكية، وميزة المؤتمر (conferencing)، وموارد حركية (dynamic)،  
وسط، ومروعة برجة تطبيقات تبديل (API: Application Programming (switching  
Interface]

### 5.10.7 الحاسوب الواجب استخدامه UNIX أو PC

1. يهيمن الـ (UNIX) على منظومات كبيرة للهاتف الحاسوبي. فهو ناضج ومستقر وله قدرة معالجة أعلى بتعددية المعالج، وتعددية الوظائف، وتحمل (تسامح tolerance) للأعطال. إن الـ UNIX حاسوب رائع في صناعة الاتصالات.
2. يركز الحاسوب الشخصي PC (Windows NT) على منظومات صفوة إلى متوسطة وهو يبدأ بالتقاط السرعة على قدرات المعالج وزيادة السعة على تعددية الوظائف والوفرة (redundancy). إن المخدم متعدد المعالج Windows NT سريع وكلفته أقل. إن الحاسوب الشخصي سهل وبسيط التركيب وذو مزايا مطورة. قد يكون منظومة المستقبل. إن للهاتف الحاسوبي عدة تطبيقات بازغة قليلة المخاطرة عالية الإمكانات (high potential). يركز تطوير البنية التحتية للهاتف الحاسوبي على البنية الموزعة (distributed) لمناطق مشتركيها قلة (50 إلى 250 ألف)، وليس لمنظومات عالية السعة. إن للهاتف الحاسوبي مسار تطور لتطبيق بدالة نواة متعددة الوسط (multimedia) باعتبار أن خدمات الاتصالات اللاسلكية والهاتف الحاسوبي ستبزغ لا محالة مستقبلاً. هناك كثير من المسائل سوف يحتاج تطبيق الهاتف الحاسوبي لحلها لتفي بمتطلبات الشبكة اللاسلكية.

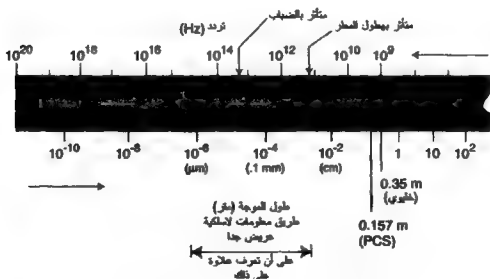
### 11.7 اتصالات الأشعة تحت الحمراء/الموجة المليمترية لأجل معطيات

#### عالية السرعة

موجة الأشعة تحت الحمراء (IR) ضوء غير مرئي يمكن توليدها إما بالليزر أو بالثنائي المشع للضوء (LED: Light Emitting Diode) واستقبالها بكاشف ضوئي (PD: Photo Detector) وإن لها خسارة انتشار أعلى من الموجة الكهربائية (EM). استطاع جهاز ليزر عالي القدرة الانتشار لمسافة تقرب من (1) ميل عام 1998. لكن يمكن استخدامه فقط تحت

ظروف توفر خط النظر. لهذا لم نعر الاهتمام لهذا الطيف. وصل الآن عصر المعلومات اللاسلكية. فهو يحتاج نقل معطيات عالية السرعة (5 ميغابت/ثا وأعلى) مع منظومة عالية السعة لخدمة حركة كبيرة الحجم لذا نحتاج إلى عرض نطاق ضخم. فقط الموجة المليمترية أو الأشعة تحت الحمراء قادرتان على توفير مثل عرض النطاق الضخم. يبين الشكل رقم (13.7) طيف الأشعة تحت الحمراء والمليمترية. بدأ تطبيق الأشعة تحت الحمراء والموجة المليمترية جلب الانتباه. يمكن توليد الموجة المليمترية باستخدام إما ثنائي (Gunn) أو ثنائي (Impatt) كما يمكن استقبالها بشثائي (PIN).

إن للموجة المليمترية خصائص انعكاس وانعراج (diffraction)، يمكن استخدامها لاستقبال إشارات في ظروف متعددة المسار، لكن موجة الأشعة تحت الحمراء لا تفعل ذلك. وبدلاً عن ذلك إن على إرسال الأشعة تحت الحمراء أن يولد اصطناعياً تعدد المسار باستخدام تقانة نقل الانتثار (diffusion). إن إرسال الانتثار يمكن الاستخدام خارج حالة خط النظر.



الشكل 13.7: طيف الأشعة تحت الحمراء والموجة المليمترية

إن للموجة المليمترية اختراقاً كبيراً عبر الضباب لكنها تعاني اضمحلالاً كبيراً عبر هطول المطر. الأشعة تحت الحمراء بعكس ذلك تماماً إذ بإمكانها اختراق هطول المطر وليس الضباب كما سبق وتم توضيح ذلك في المقطع (12.5). باعتبار أن لكلا الموجتين عرض نطاق

كبير، بإمكاننا تصميم جهاز استقبال تنوعي (diversity) مزدوج الوسط (a dual medium) واستقبال نفس المعلومات على كلا الموجتين. بالإمكان استقبال الموجة المليمترية أثناء الضباب واستقبال موجة الأشعة تحت الحمراء أثناء هطول المطر.

إن بالإمكان استخدام الوصلة تحت الحمراء/المليمترية ضمن مدى مائة متر كي يمكن الحصول على وثوقية عالية. لهذا السبب فإن وصلة الأشعة تحت الحمراء/المليمترية ستكون مستقبلاً الجزء اللاسلكي من المنظومة المحينة. والجزء الآخر سيكون وصلة الليف الضوئي لمنظومة الخط السلكي. مع ذلك وفي معظم الحالات يستخدم الناس الصوت فقط ضمن عربة ولا يستخدمون نقل المعطيات العالية. لهذا السبب أمكن للنطاق (2-3.5) غيغاهرتز أن يكون من أجل ظروف قابلية التنقل (mobility). إن بالإمكان استخدام الطيف من 5 إلى 7 غيغاهرتز لظروف الترحال. إن الأمواج تحت الحمراء/المليمترية أكثر فائدة لنقل المعطيات فائقة السرعة (Suprer speed)

## 12.7 ترميز تربو (Turbo) <sup>10/</sup>

يتولد ترميز Turbo من عائلة ترميز اللف (Convolutional) وقد استخدم لأجل بثات ضمنية. إن بالإمكان استخدام ترميز turbo لإرسال معطيات CDMA عالية السرعة نظراً لأن قناة الـ CDMA أقرب إلى الضحيح الغاوسي المعقد (complex) في بيئة خفوت متعدد المسار. يوفر ترميز تربو turbo أداء سعة قناة بالقرب من حد شانون (shannon). يزيد هذا الترميز أداء تصحيح الخطأ الأمامي (FEC: Forward Error Correction) بإضافة زيادة متوسطة التعقيد في مفكك الترميز. وجد ربح ترميز قدره (2) ديسيبل أعلى من ترميز اللف. كلما ازداد طول حجم إطار المشابك (Interleaver)، كلما تحسن الأداء. لكن مسبب التأخير (delay cause) يخلو أطول. ولهذا إن الترميز التوربينسي مناسب للإرسال في غير الزمن الحقيقي مثل المعطيات، لكن ليس له ميزة بالنسبة للإرسال الصوتي. يتوضع المرمز التوربينسي في طرف الإرسال. بينما يتوضع مفكك ترميز تربو في طرف الاستقبال.

## 1.12.7 مرمز توربينسي (Turbo)

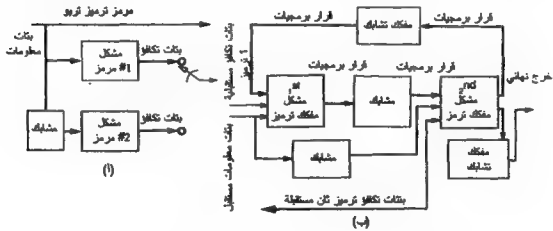
يتكون من ترميزي لف تكرارين (recursive) نظامين، هما ترميزان مشكّلان (constituent) أول وثان يعملان على التوازي. يسبق مشابك (Inter Leaver) مرمز اللف

التكراري الثاني، كما هو مبين في الشكل رقم (14.7 أ). إن تخطيط تشابك غطلي الجيل الثالث، الـ WCDMA والـ cdma 2000 مختلفان.

### 2.12.7 مفكك ترميز توربينسي

يستقبل مفكك الترميز الأول البتات النظامية (systematic) وبتات التكافؤ (parity) من مشكل الترميز الأول كما هو مبين في الشكل (14.7 ب). يستقبل مفكك الترميز الثاني بتات التكافؤ من المشكل الثاني ويحسن الأداء على القيم الترجيحية (likelihood) لقرار - برمجيات (soft - decision). يمكن تكرار العملية عدة مرات، كما هو مبين في مسار العودة في الشكل رقم (14.7 ب).

تحسن عملية التكرار الأداء، لكن المقابل (Trade-off) هو في الأداء المتأخر. وإن الترميز التوربينسي مقبول للاستخدام في معيار الجيل الثالث العالمي حيث المعطيات عالية السرعة مطلب عصر المعلومات اللاسلكي وترميز تربو قادر على تحقيق هذا المطلب إلى حد كبير.



الشكل 14.7: (أ) مرمز ترميز تربو أساسي (ب) مفكك ترميز تربو أساسي

### 13.7 هل يمكن استخدام تضيق تقسيم الموجة (WDM) في الراديو المتنقل؟

لا يمكن استخدام تضيق تقسيم الموجة WDM: Wavelength Division Multiplex في الراديو المتنقل. نشرح هنا أولاً نظرية الـ WDM. يذو الليف الضوئي السيليكا (silica) خسارة منخفضة في المجال العريض لطول للموجة 0.8 إلى 1.6 ميكرومتر. وجد العلماء

استخداماً كفاءً هذه الخسارة للمنخفضة، لكن بأنبوب إرسال ذي نطاق طول موجة ضخم. يمكن إرسال إشارات ضوئية متعددة على أطوال موجة مختلفة عبر ليف ضوئي مفرد. إن لارسال الـ(WDM) مركبتين لا يمكن الاستغناء عنهما: المنضد ومفكك التنضيد.

1. ينضد منضد تقسيم طول الموجة عند طرف الإرسال عدة إشارات بأطوال موجة مختلفة على ليف ضوئي مفرد.

2. يؤدي مفكك تنضيد طول الموجة عكس الوظيفة، هناك ثلاث تقنيات شائعة كما هو مبين في الشكل (15.7).

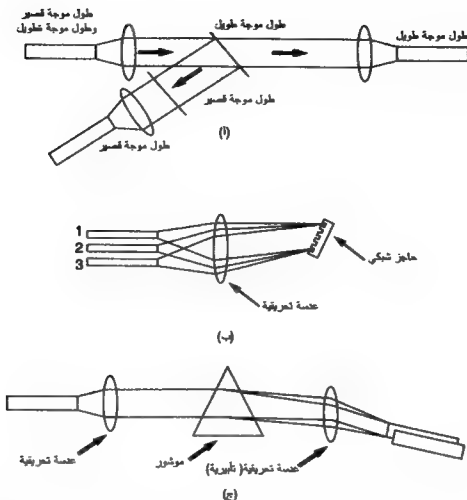
أ- باستخدام مرشح (مرور عالي) طول موجة قصير ومرشح مرور منخفض طول موجة طويل لفصل الضوء إلى مركبات طول موجة مرئية (respective).

ب- استقبال وإمرار حزم الضوء على التوازي عبر إنعراج (defraction) ثم عبر حاجز شبكي (grating). بعد ذلك يذهب الضوء من الحاجز الشبكي في اتجاهات مختلفة. يقابل ذلك الحزم المنفصلة بإشارات ذات أطوال موجات مختلفة.

ج- إمرار الضوء عبر موشور. تختلف زاوية الانكسار حسب أطوال الموجة المختلفة مما يتيح إجراء عملية فك التنضيد.

إن أجهزة الـ WDM صغيرة للغاية، أقل من ربع البنس ( $1/12$  من الشلن الإنكليزي). لا تستطيع تقانة الـ WDM العمل على التردد الطيفي للراديو المتنقل. إن طول موجة التردد الراديوي المتنقل طويل جداً (800 ميغاهرتز إلى 3 غيغاهرتز). فالموشور سيكون كبيراً جداً لبنائه في الوصلة الراديوية مما يجعله غير عملي. فوق ذلك، في ظروف اتصالات لاسلكية، إن خسارة الانتشار الفادحة والعواكس الكبيرة غير العملية تمنع تقانة الـ WDM.

نستخدم عادة بالاستفادة من خواص الموجة الكهرومغناطيسية استقطاباً مختلفاً (موجات) لحمل إشارات مختلفة، يدعى تنضيد تقسيم استقطاب (PDM: Polarisation Division Multiplexing) ويمكننا إرسال ثمانية إشارات على ثمانية استقطاب مختلفة كما هو مبين في الشكل رقم (16.7). بعد ذلك يمكننا القول بأن تقانة الـ WDM المستخدمة في الليف الضوئي مشابهة لتقانة الـ PDM المستخدمة في الاتصالات اللاسلكية.

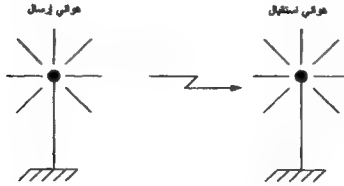


الشكل 15.7: بناء جهاز WDM (أ) نوع المرشح (المصفي) (ب) نوع الحاجز الشبكي (ج) نوع الموشور

## 14.7 ملاحظات على المساويات Equalizers

تستخدم المساويات لحذف أمواج تعدد المسار في فترات ممتدة لتأخير زمني محددة (delay spread) لدى المستقبل المتنقل. تعمل الموجات متعددة المسار بالصدى. إذا كان بالإمكان حذف جميع الصدى فإن بإمكان فترة البت أن تكون أقصر ومعدل البت أعلى وهو الفرض من استخدام المساويات. لكن على المساوي أن يحذف أمواج تعدد المسار الواردة في الوقت الصحيح. إذا فقد التوقيت فليس بالإمكان حذف أمواج تعدد المسار كما أن ضجيجاً إضافياً يضاف.

إضافة لذلك قد ينجز المسوي ثلاث إلى أربع تفرعات (taps) فقط ويعالج فترة ثلاثة إلى أربعة رموز (symbols). إذا كان وصول أمواج تعدد المسار بزمان أطول من الفترة المحددة فإن التأخير الممتد سوف يستمر بمداخلة الإشارة. لهذا فإن استخدام المسوي ليس حلاً كاملاً (مثالياً). ويمكن تطبيق ثلاث طرق لحذف المسوي:



الشكل 16.7: استخدام استقطاب ثنائي للإرسال والاستقبال

1. استخدام حالة تعديل عالي المستوى مثل 16، 32، أو 64 (QAM) (تعديل مطالي متعامد) وذلك لتقليل معدل الرموز مع المحافظة على معدل بت عالي. لكن الـ QAM ليس تعديلاً بغلاف ثابت يمكن استخدامه في ظروف تعدد المسار (أنظر المقطع 3.3). يمكن استخدام التعديل QAM في ظروف لاسلكية ثابتة عندما يستقبل المرسل/مستقبل (Transceiver) عند النهايتين إشارات بدون خفوت أو عندما تكون المحطة المتنقلة قريبة من محطة القاعدة.
2. استخدام هوائيات موجهة عند أو كلا الطرفين لحذف أمواج تعدد المسار. بالإمكان تخفيض امتداد تأخير الزمن وبالإمكان زيادة معدل إرسال المعطيات بهذا الإنجاز.
3. استخدام طرق التنوع عند طرفية واحدة أو كلاهما لتعويض خفوت الإشارة. تقل أثناء ذلك فترة امتداد تأخير الزمن في الإشارة المستقبلية المضمومة التنوع. يقل من أجل مستقبل تنوعي ذي (M) فرعة امتداد تأخير الزمن  $\Delta_t$  كما يلي [11]:

$$\Delta_t = \frac{\Delta}{M}$$

حيث أن  $\Delta$  هو امتداد تأخير زمن إشارة خفوت بسيطة. سوف يزداد معدل إرسال مستقبل تنوعي من (M) فرعة بمقدار (M) مرة مقارنة بمعدل مستقبل ذي فرعة واحدة.

## 15.7 طريقة تنوع إرسال

إن طريقة تنوع الإرسال مطبقة لدى محطة القاعدة لزيادة السعة في الوصلة الأمامية.

### 1.15.7 فنتان - مع وبدون تغذية خلفية

1. لطرق الأنشطة (العروة) المفتوحة بدون تغذية خلفية ثلاثة أنواع من طرق التنوع:

أ- تنوع إرسال متعامد (OTD: Orthogonal Transmitt Diversity). ترسل نفس المعلومات مع بتات مرمزة مختلفة بإضافة صفات التعامد خارج هوائيات متعددة. يمكن تسميته بترميز فراغي - زماني (أنظر المقطع 1.11.3). إن طريقة الـ OTD الأفضل من بين الطرق الثلاث للأنشطة المفتوحة.

ب- تنوع إرسال مبدل - زمنياً (time-switched). سوف تبدل (تطبق) نفس المعلومات دورياً أو عشوائياً على هوائي إرسال.

ج- تنوع إرسال حامل متعدد (MCTD: Multi Carrier Transmit Diversity): سترسل نفس المعلومات بمجموعة فرعية من الحوامل متصلة مع هوائيات مفصولة عن بعضها فراغياً.

2. لطرق الأنشطة المغلقة مع تغذية خلفية نوعان من طرق التنوع:

أ- تنوع إرسال مبدل (STD: Switched Transmit Diversity) يستقبل الجهاز المتقل الإشارة من هوائي محطة القاعدة الأقوى ويغذي المعلومات خلفياً إلى القاعدة.

ب- صيف هوائي إرسال (TAA: Transmit Antenna Array): إن أوزان الصيف (Array weights) مشتقة من قياسات المحطة المتنقلة على الوصلة الأمامية وتغذى خلفياً (fed back) لمحطة القاعدة، ترسل الهوائيات المتعددة بنفس الوقت (متلازمة) (coherently).

### 2.15.7 فوائد استخدام طريقة تنوع الإرسال

1. يكافح الخفوت السريع (رايلي Rayleigh) على الوصلة الأمامية. نظراً لأن لمستقبل تنوع محطة القاعدة هوائي - مزدوج فإن له تحسناً معتبراً لسعة الوصلة الخلفية والمدي، توافق



(matches) هذه الطريقة مع سعة ومدى الرصلة الأمامية.

2. تحافظ على الكلفة منخفضة وعلى مقاسات صغيرة للجهاز المحمول باليد وتضع تنوع الإرسال عند محطة القاعدة لتحصيل ربح التنوع لدى مستقبل الخطة المتنقلة. من الصعب تحقيق تنوع الاستقبال بالجهاز المحمول باليد. أولاً لا يمكن تنفيذ مطلب فصل الهوائي بمقدار نصف طول موجة بالجهاز المحمول بسهولة نظراً لأن أبعاده تتناقص شيئاً فشيئاً. ثانياً، إن كلفة الحصول على مستقبل تنوعي في الجهاز المحمول عالية وتجعل مقاساته أكبر. لهذا السبب فإنه ليس الحل المرغوب فيه.

3. الاستفادة من الهوائي للزدوج القائم في محطة القاعدة: يستخدم الهوائي للزدوج القائم لأجل المستقبل التنوعي. إنه لأمر اقتصادي جداً استخدام نفس البناء (structure) لتطبيق طرق تنوع الإرسال في محطة القاعدة.

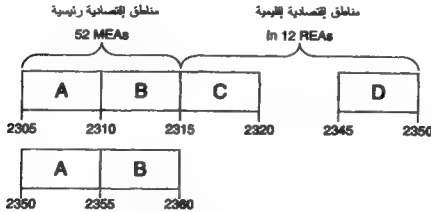
### 3.15.7 التلق من استخدام هذه الطريقة

1. إن قاعدة الإهمام (thumb) في منظومات الاتصال اللاسلكية هو أن لا إرسال أي إشارة ما لم تكن ضرورية. إذا قسمت قدرة إرسال مفردة في هذه الحالة إلى قسمين تفنيدان هوائيين، عندئذ تقل قدرة كل هوائي بمقدار (3) ديسيبل عما كانت عليه قبل التقسيم. بالمقابل لا يؤدي تنوع الاستقبال إلى البدء بمستوى قدرة أقل بمقدار (3) ديسيبل. إذا أرسلت دفقتا البت المرزتان تعامدياً، فإن بالإمكان تعويض خسارة القدرة المساوية لـ (3) ديسيبل بواسطة ربح التنوع للمتعامد الإضافي هذا.
2. إن مستقبل المشط (rake receiver) ضروري في الجهاز المحمول باليد. في منظومة الـ TDD يحل تنوع الإرسال لدى محطة القاعدة محل تنوع الاستقبال في الجهاز المحمول باليد كلياً. لكن في منظومة الـ FDD، على تنوع الإرسال في محطة القاعدة أن يظل باقياً مع مستقبل المشط في الجهاز المحمول.
3. أثبت تنوع الإرسال نجاعته في الظروف غير الظليلة (non shadow) حيث من المحتمل أن لا يضمن ربح التنوع، حيث يوفر تنوع الإرسال نفس أداء تنوع الاستقبال في الظروف الظليلية. نظراً لأن على الجهاز المحمول امتلاك مستقبل المشط لتأدية التنوع بكل الأحوال، فإننا لا نحتاج إلى تنوع الإرسال الذي يضيف كلفة وبدون أية فائدة.

## WCS, LMDS, and MMDS 16.7

### 1.16.7 خدمات الاتصالات اللاسلكية (WCS: WIRELESS COMMUNICATION SERVICES)

خصص الطيف (2.3) غيغاهرتز لخدمات الاتصالات اللاسلكية المرخصة كما هو مبين في الشكل (17.7). النطاقان A و B نطاقان متزوجان تم تشغيلهما في مناطق اقتصادية رئيسية (MEA: Major Economic Areas) كما هو مبين في الشكل رقم (18.7). والنطاقان C و D غير متزوجان تم تشغيلهما في (12) منطقة اقتصادية إقليمية (REAs: Regional Economic Areas) كما هو مبين في الشكل رقم (18.7). توفر خدمات الاتصالات اللاسلكية الخدمات الثابتة (fixed) والمتنقلة (mobile) والرادار (RL) أو الاتصالات الساتلية الإذاعية وفي الأنشطة اللاسلكية المحلية (WLL: Wirless Local Loop). إن طيف خدمات الاتصالات اللاسلكية (WCS) متلائم (consistent) مع الاتفاقات الدولية المتعلقة بتخصيصات الطيف. وهو أسفل النطاق الصناعي - العلمي - الطبي (ISM) (2.4) غيغاهرتز. إن فائدة استخدام هذا النطاق في أن التقنية الراديوية ناضجة فيه والكلفة فعالة جداً.



الشكل 17.7: خدمات اتصالات لاسلكية (WCS)

### 2.16.7 منظومة توزيع متعددة النقاط محلية (LMDS: LOCAL MULTIPPOINT DISTRIBUTION SYSTEM)

تعمل منظومة الـ LMDS في كتلتين طيف:

1. الكتلة A لـ LMDS

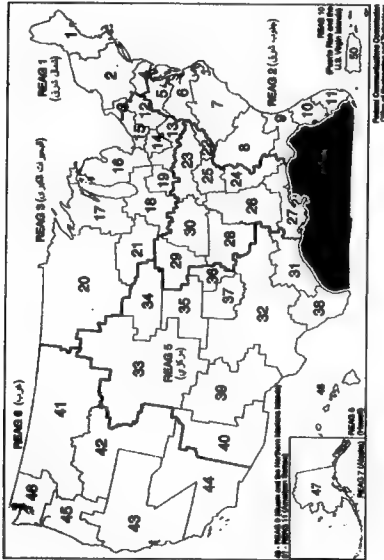
أ - 27.5-28.35 غيغاهرتز (عرض نطاق 850 ميغاهرتز)

ب - 29.10-29.25 غيغاهرتز (عرض نطاق 150 ميغاهرتز)

2. الكتلة B لـ (LMDS)

أ - 31.00-31.075 غيغاهرتز (عرض نطاق 75 ميغاهرتز)

ب - 32.225-32.300 غيغاهرتز (عرض نطاق 75 ميغاهرتز)



الشكل 18.7: تجميع منطقة اقتصادية إقليمية وشكلها

(REAGs: Regional Economic Area Grouping and their constituent)

إن طيف الـ LMDS حوالي الـ (30) غيغاهرتز. يؤدي هطول المطر لاضمحلال الإشارة

في مجال هذا الطيف (أنظر المقطع 13.5). لهذا يستخدم لمسافة قصيرة (أي 100 متراً أو أقل). ونظراً لأن كلفة الوحدة الراديوية عالية نسبياً في مجال هذا الطيف فإن على الباعة إيجاد طريقة لإقناع المشغلين أو شركات الخط (السلكية) بأن الـ LMDS حل بإمكانه أن يكون فعالاً من وجهة نظر الكلفة.

### 3.16.7 خدمة التوزيع متعددة النقاط (MDS) وخدمة توزيع متعددة النقاط

#### متعددة الأنتية (MMDS)

**MDS: Multipoint Distribution Service and MMDS: Multichannel Multipoint Distribution Service**

تعمل خدمة الـ MDS عند التردد (2.1) غيغاهرتز. ولها قناتين بعرض نطاق 6 ميغاهرتز لكل منها. إن تخصيص الطيف اعتباراً من الـ MDS، والـ MMDS والخدمة الثابتة التلفزيونية التعليمية (ITFS: Instructional Television Fixed Service) مبين في الشكل (19.7). إن للقدرة المشعة الفعالة (ERP) للخدمتين MDS و MMDS حد عند (2000) وات لكل قناة (6) ميغاهرتز. إن عرض النطاق الكلي للـ MDS هو (12) ميغاهرتز. و (66) ميغاهرتز للـ MMDS. تستخدم خدمة الـ MMDS من أجل الـ VLL كما يمكن استخدامها للاترنيث اللاسلكية ذات الاتجاهين.

### 17.7 الفتح الطيفي (Breakthrough) في مضخمات القدرة عريضة النطاق

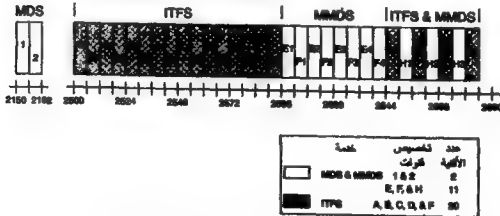
إن الحصول على مضخم استطاعة عريض النطاق كان في الماضي صعباً جداً على الدوام بسبب خطية التضخيم (linearity of amplification). هناك ثلاثة طرق رئيسية مختلفة إحداهما تستخدم طريقة التوزيع المبنية في الشكل (20.7 أ). جميع المضخمات إما صنف (A) أو (AB) وهي مضخمات خطية. تستخدم الخطية لمنع التعديل البيئي (IM: Inter Modulation). إن الخطية بين الدخل والخرج في مجال القدرة الديناميكي في الشكل رقم (20.7 أ) موسعة نظراً لأن كل عنصر يمثل قدرته في مجال مختلف. تشارك الراديووات الأربعة بانسي عشر مضخماً في نمط خطي عريض، كما هو مبين في الشكل (20.7 أ). إذا تعطل أحد المضخمات الانسي عشر فإن تأثيره على أداء التكبير الكلي يكون صغيراً جداً. طريقة أخرى مبنية في الشكل رقم (20.7 ب). إنها تستخدم طريقة الـ TDM لتخفيف متطلبات

الخطية. تستخدم طريقة الـ TDM راديو واحد فعال خلال فترته الزمنية، وخلال تلك الفترة لا تشارك في مضخم القدرة أية إشارة أخرى. لهذا لا يتولد أي تعديل بيني. في هذه الحالة يمكننا استخدام مضخم صنف C مفرد بقدرة عالية جداً. استخدمت الطريقة الثانية هذه من قبل شركة المقاوله Fugent/12.

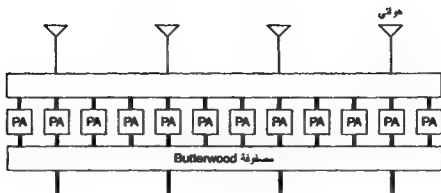
الطريقة الثالثة هي تطبيق التقنية القديمة، باستخدام صمام موجة راحلة (TWT: Traveling Wave Tube) للاتصالات الأرضية. إن الـ (TWT) مضخم قدرة بكفاءة عالية وعمر طويل وقدرة مرتفعة. وهو مستخدم في السواتل وله الفوائد التالية:

1. إمكانية توليد قدرة ذروة عالية ووسيطية. إن الهدف النهائي لـ (Hughes TNT) هو (2000) وات ذروة و(200) وات متوسط. إن الـ TWT كفاء جداً وله حوالي 20% قدرة مخرج.

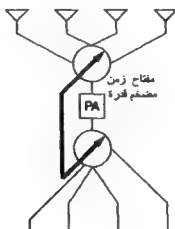
2. يمكن للمخططة المنفذة بتطبيق تقنيات التغذية الأمامية أن تحقق انبساطاً مطالباً (flatness) قدره  $(0.1 \pm)$  ديسيبل ضمن (50) ميغاهرتز وربع يتراوح من (40) إلى (50) ديسيبل في المجال الترددي (1.5 - 2.6) غيغاهرتز. التأخير المطلق أقل من (10) نانو ثانية. عندما تكون القدرة أقل من (100) وات، تنخفض كفاءة الجهاز صلب الحالة (solid state) إلى (20) بالمائة بينما تزداد بالنسبة للـ TWT إلى 20% عندما تكون قدرة المخرج أكبر من (100) وات. مع ذلك فإن ضرورة التبريد وحجم المكون (package) تجعل من الـ TWT أقل جاذبية في الوقت الحاضر.



الشكل 19.7: تخصيص طيف الخدمات (ITFS, MMDS, MDS)



(أ)



(ب)

الشكل 20.7: (أ) ترتيب موزعة (ب) ترتيب تقسيم زمن

## 18.7 مراجع

1. OHG "Harmonization Framework Agreement", June 3, 1999, Bell Mobility Co., Ottawa, Canada.
2. ITU-T "Recommendation Q. 1701 and its Supplement", Q. 170 (Framework for IMT-2000 Networks) has been identified a Q8/11, Rapporteur Meeting, Ottawa, September 8-17, 1999.
3. W. C. Y. Lee, "Can 3G Wireless Communications Systems Be Technically Excellent?" 1999 IMT 2000 3G Wireless Technology Conference, New Orleans, Louisiana, Feb. 10-12, 1999.

4. FCC Notice of Inquiry, "Inquiry Regarding Software Defined Radios," ET Docket No. 00-47, March 17, 2000.
5. W. C. Y. Lee, "How Smart is the Smart Antenna?" The Fifth Annual Workshop on Smart Antennas in Wireless Mobile Communications, Stanford University, July 23-24, 1998.
6. U. Black, *Foundation for Broadband Networks*, Prentice Hall, Englewoods Cliffs, New Jersey, 1995.
7. E. D. Kaplan, *Understanding GPS: Principles and Applications*, Artech House, Boston, 1996.
8. Steve Poisner, "Review of the GPS-Based E911 Technology" The Location Implementation Conference for Phase Z E911 Location Technology, San Francisco, CA, August 26-27, 1998.
9. Revision of the Commission's Rules to Ensure Compatibility with Enhanced 911 Emergency Calling Systems, CC Docket No. 94-102, Report and Order and Further Notice of Proposed Rulemaking, 11 FCC Red 18676 (1996), 61 Fed. Reg. 40348, 40374 (1996) (*E911 First Report and Order*) (*E911 Second NPRM*); *Memorandum Openion and Order*, 12 FCC Red 22665 (1997), 63 Fed. Reg. 2631 (1998).
10. Steven S. Pietrobon, "Implementation and Performance of a Turbo/Map Decoder," *International Journal of Satellite Communications*, pp. 4-17, 1998.
11. W. C. Y. Lee, *Mobile Communications Engineering Theory and Application*, Second edition, McGraw-Hill, New York, 1993, pp. 391-392.
12. Fujant Product "Sampling Amplifier," Fujant, Carpenteria, CA.





## الانترنت ومستقبل اللاسلكي

- 1.8 استعراض الانترنت
- 2.8 مستقبل شبكات بروتوكول الانترنت
- 3.8 الشبكات محلية المنطقة اللاسلكية
- 4.8 بروتوكول الانترنت المتنقل
- 5.8 بروتوكول تطبيق لاسلكي
- 6.8 الضرس الأزرق (Bluetooth) وحييني (Jini)
- 7.8 شبكة نواة بروتوكول انترنت لاسلكية
- 8.8 التداخل أو الضجيج
- 9.8 هل ستصل الاتصالات اللاسلكية إلى نهاية؟
- 10.8 مراجع

## 1.8 استعراض الانترنت

### 1.1.8 تاريخ الانترنت

بدأت الانترنت أواخر الستينات من مشروع ARPANET لوكالة مشروع الأبحاث المتقدمة (ARPA: Advanced Research Project Agency) لبناء شبكة بدالة رزم. غما في عام 1970 مشروع ARPANET لدعم وزارة الدفاع وتنظيمات حكومية وأبحاث. استخدمت عبارة انترنت لأول مرة (Internet) عام 1983 لوصف المفهوم. مولت المؤسسة العلمية الوطنية في عام 1985 (NSF: National Science Foundation) عدة مراكز حاسوبية ضخمة واستخدمت شبكة (ARPANET) ذات (56) كيلوبت/ثانية، دعيت شبكة (ARPANET) بـ: NSFNET، من أجل وصلهم. سمحت NSF لأية حواسيب جامعية أو إقليمية قادرة على الوصول لشبكة NSFNET بالتوصيل معها. كان ذلك بذرة الانترنت كما نعرفها اليوم. منحت NSF في عام 1987 عقداً لـ Merit-Network Ins المشاركة مع MCI

و IBM وجامعة ميتشيفان لتحديث وتشغيل العمود الفقري لـ NSFNET باستخدام خطوط مستأجرة (T1) بسرعة (1.5) ميغابت/ثا لربط ست شبكات إقليمية وخمسة مراكز حاسبات ضخمة قائمة ومواقع أخرى مثل مواقع جامعات. أقيمت في 24 تموز (يوليو) 1989 الشبكة القديمة (56) كيلوبت/ثا. اقترح بين عام (1988) إلى عام (1990) طاقم Merit/IBM/MCI وارتنقى للعمود فقري ذي سرعة أعلى قدرها (45) ميغابت/ثا، والذي امتد إلى (16) سنة عشر موقعاً إقليمياً وارتبط مع (3500) شبكة. في عام 1993 قررت (NSF) الخروج من تجارة العمود الفقري والتمست عروضاً لبناء نقاط نفاذ شبكة يستطيع مشغلي (NAPs: Network Access Points) العمود الفقري التجاريين إجراء التوصيل البيني من خلالها. أنشئت عام 1994 أربعة NAPs. أقيمت شبكة (NSF) عام 1995 بصورة أساسية وغدت بنية الـ NAP هي الانترنت.

### 2.1.8 بنية الانترنت

الانترنت شبكة بدالة رزم (A packed - switched Network). لشبكة بدالة الرزم الخصائص التالية:

1. لا يوجد ربط متواصل مفرد بين المرسل والمستقبل
2. إن دُفق المعطيات مقسم إلى رزم بروتوكول الانترنت و تتضمن كل رزمة عنوانها. لهذا يرسل دُفق المعطيات data stream دون إقامة ربط مكرس منذ البداية. ويحدد مسير (route) كل رزمة بصورة مستقلة ومن المحتمل أن يكون مسيراً مختلفاً. إذن إن منظومة بدالة رزم، منظومة بلا توصيل مغايرة لمنظومة بدالة - دائرة هاتفية - (a circuit switched) والتي تقيم توصيلاً لكل مكاملة من المرسل إلى المستقبل وتكرس موارد لها (أنظر المقطع 7.7). ندعو شبكة بدالة رزم بأنها شبكة بلا توصيل لأنها لا تمتلك توصيلاً مكرساً. لا توفر الشبكات بلا توصيل كما هي اليوم جودة الخدمة (QOS: Quality of Service) مثل زمن الانتظار (التريث) Latency ومعدل التدفق (أو معدل الإنجاز Throughput)
3. يمكن للرمز أن تضيق، أو تتكرر أو تكون محرّفة أو تصل بغر انتظام لوجهتها. تتكون الانترنت من تجهيزات (عتاد) (hardware) وبرمجيات (software) ووصلات (Links) والتي تؤمن للزبائن منصة قائمة في كل مكان لتأدية تطبيقات ومعلومات نفاذ. الكيانات الأساسية في الانترنت هي الزبائن ومحددوا المسار (المسيرات routers) والبوابات (Gateway) كما هو مبين في الشكل (1.8)
1. الزبون بصورة عامة تطبق على جهاز المستخدم. كحاسب يُسهّل إقامة إما اتصال أو جلسات معلومات مع مستخدمين أو تطبيقات أخرى. إن مستطلع شبكة (Netscape) مثال على زبون
2. المخدم عبارة عن مجموعة من التجهيزات والبرمجيات التي تليبي طلب زبون للمعلومات والاتصال. إن خدمات تسعير (quote) وأسهم وأوراق مالية ومخزون (Yahoo) أمثلة على تطبيق مخدم (server)
3. عتد المسار (المسير router) جهاز يسيّر الحركة بين مختلف الشبكات [مثال من شبكة مؤسسة تجارية (enterprise) إلى شبكة مخدم خدمة انترنت (ISP: Internet Service Provider)]
4. طريق بوابة أو (البوابة) (gateway): كيان يحول بصورة عامة الحركة من شبكة من نوع

ما إلى شبكة من نوع آخر (مثال من إشارات هاتفية تقليدية إلى رزم بروتوكول انترنت لمهاقة عبر الانترنت) تتعامل وظيفية المسير مع بوابات متعددة

5. نقطة نفاذ شبكة (NAP: Network Access Point) توصل مشغلي العمود الفقري التجاري بينياً.

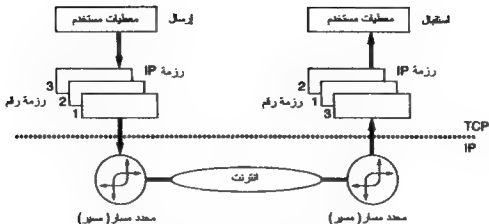
### 3.1.8 بروتوكول تحكم إرسال/بروتوكول قنترنيت TCP/IP: [TCP/IP: Transmission Control Protocol/Internet Protocol]

الـ TCP/IP هو منصة التقانة للانترنت. ليس للانترنت توصيلاً مستمراً واحداً بين المرسل والمستقبل. يتم تقسيم المعطيات إلى رزم لكل منها ترويسة عنوان. يتم تسيير كل رزمة باستقلالية عن الأخرى عبر مسارات مختلفة ممكنة وهو أمر مغاير لمنظومة بدالة الدارة الهاتفية التي تقيم توصيلة محددة وتكرس جزءاً من الشبكة لكل مكالمة. إن شبكات الـ (IP) شبكات بلا توصيل. يمكن لرزم في الشبكات بلا توصيل أن تضيق أو تتكرر أو تُحرف أو تصل بدون انتظام إلى وجهتها. هناك بروتوكولي طبقة معالجة. الطبقة (3) والطبقة (4) (أنظر المقطع 2.8)

**بروتوكول الانترنت (IP) The Internet Protocol:** تحوّل معطيات المستخدم إلى رزم بروتوكول الانترنت. يتيح بروتوكول الانترنت لمحددات المسار (للمسيرات routers) وعلى الطريق عبر الشبكة إرسال الرزم إلى المكان الصحيح المقصود (right destination). إنه توريد بأفضل جهد، ويمكن للرزم أن تفقد خلال الطريق. يمكن لعرض النطاق العريض للشبكة (في الكابلات الضوئية) تقليل فقد الرزم في شبكة الانترنت على الخط السلكي. يستخدم بروتوكول الانترنت هذا الطبقة الثالثة أي طبقة الشبكة.

**بروتوكول تحكم الإرسال (النقل) (TCP: Transmission Control Protocol):** يضاف لكل رزمة بروتوكول انترنت ترويسة تحتوي على معرف رزمة وجمع اختبار (checksum) والمصدر وعنوان وجهة بروتوكول الانترنت. إن الـ TCP طبقة التطبيق أو الطبقة (4). بحسب في طرف الاستقبال جمع الاختبار لكل مجموعة معطيات كما يتم تعقب معرف الرزمة. إن جمع الاختبار قيمة محسوبة تعتمد بالنهاية على مواصفات مجموعة معطيات معينة وتبدل جمع الاختبار إذا تبدلت للمعطيات. يتم طلب إرسال الرزم إذا فقدت أو





الشكل 2.8: طبقات تعامل البروتوكول

**توصيل الـ TCP:** على تطبيق شبكة أن يعرف غالباً نقاط النهاية للتوصيل التي تستقبل المعلومات عبر توصيل ما على الشبكة. إذا احتاج تطبيق جاري على شبكة إرسال ملف إلى مخدمه البعيد، تحتاج البروتوكولات المستحضرة (invoked) من قبل التطبيق لأن تكون مشكلة (formatted) (موضبه) للمعلومات وفق المواصفات. يجب إدارة كل نقل معلومات بين نقاط نهاية شبكة بإحكام وفقاً لبروتوكولات شبكة قابلة للتشغيل بينياً مثل (TCP)، وبروتوكول حزم معلومات المستخدم (UDP: User Datagram Protocol) أو بروتوكول نقل الزمن الحقيقي (RTP: Real Time Protocol). يتعامل الأخير مع معلومات زمن حقيقي كالصوت ومعلومات الأسبقية.

**العنوان في الانترنت Addressing in the Internet:** العنوان في شبكة الانترنت مختلفة عن العنوان في شبكة الاتصالات. يعطى كل جهاز في شبكة الانترنت عنوان بروتوكول انترنت وهو رقم مؤلف من (32) بت في بروتوكول الانترنت المنجز الحالي [الإصدار 4 لبروتوكول انترنت (IPv4: Internet Protocol Version 4)]. يخصص عادة لجهاز أو مستخدم ما عنوان على شكل نص مجرد، بمراتب متسلسلة (hierarchy) لمجالات (domains) مع اسم للاحتفاظ بمسلك مزاملة بين عنوان بروتوكول الانترنت والأسماء. (انظر الشكل 3.8)

إن مجالات مستوى القمة في الولايات المتحدة هي:

com لمؤسسات تجارية

gov لمؤسسات حكومية

edu لمؤسسات تعليمية

net لشبكة (مثال شبكة مقدم خدمة انترنت (ISP: Internet Service Provider)

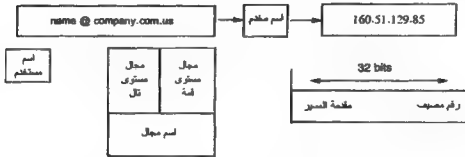
إن المجالات الدولية هي:

au لاستراليا

uk للمملكة المتحدة

in للهند

us للولايات المتحدة



الشكل 3.8: العنونة في شبكة انترنت

يُعرّف مجال المستوى التالي مؤسسة محددة وحاسباً مضيفاً ضمن مجال المستوى الأعلى. يُعرّج الحاسب المضيف على اسم المستخدم ويزود المستخدم بمعلومات. يجب أن يكون لكافة كيانات الاتصال على الانترنت عنوان بروتوكول انترنت (IP). يشمل هذا الهواتف النقالة والطرفيات. عندما تكون موصولة مع الانترنت، إذ يتوجب عليها امتلاك عناوين. يُخصص من أجل جهاز غير متصل بصفة دائمة مع الانترنت [مثال جهاز معطيات متنقل ترقيمي<sup>\*</sup> (dial up)]، عنوان انترنت بصفة مؤقتة من مجموعة عناوين لفترة الوصل.

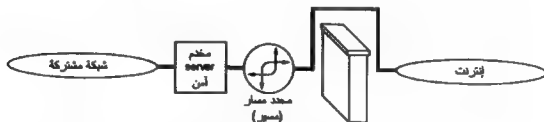
#### 4.1.8 أمن الانترنت

يغدو أمن النفاذ والعمليات المنجزة على الانترنت عصبياً كلما ازداد الاستخدام التجاري

\*. الجهاز الترقيمي: هو الجهاز المزود برقم مثل قرص الهاتف يستخدم لإقامة الاتصال

عليها. تتم حماية الشبكات المتصلة والخدمات البنكية وخدمات الأسهم والأوراق المالية الخ... بصورة عامة من هجوم مؤذ باستخدام الجدران النارية (Fire walls). الجدار الناري عبارة عن مجموعة تجهيزات وبرمجيات. يبين الشكل رقم (4.8) جداراً نارياً نوعياً يحوي ما يلي:

1. مخدّم آمن (secure) وهو نقطة التماس الأولية للتوصيلات من الانترنت لخدمة التوثيق (التحقق) (Authentication) وحماية سرية وتكاملية العمليات مثل المصرفية ومدفوعات بطاقة الائتمان (credit) واستقبال البريد الإلكتروني ونفاد قاعدة معطيات مشتركة. يعالج المخدم أيضاً أية طلبات من الشبكة المشتركة الداخلية للانترنت مثل تصفح الشبكة (النتسج) (web) أو تنزيل حمل للملفات (downloading). يمكن استخدامه لربط (log) حركة (traffic) الانترنت بين الشبكة المشتركة الداخلية والانترنت وتنزيل أحمال (downloads) لمستوى كل عنوان بروتوكول انترنت جرى النفاذ إليه ومعطيات ووقت النفاذ وعدد البايت الذي تم تنزيل حمله وهكذا



الشكل 4.8: مفهوم الجدار الناري

2. يفحص المسير (router) ترويسات الرزمة ويسمح فقط لأنواع معينة من الرزم بإرسالها أو استقبالها ويمنع الرزم الأخرى.
3. بالإضافة إلى النقطة الأولية لاختبار السرية مثل المخدم الآمن المذكور في البند 1 تستخدم بروتوكولات عمليات إلكترونية آمنة للتحقق (Authenticate) وحماية السرية وتكاملية العمليات مثل المصرفية ومدفوعات بطاقة الائتمان على الانترنت



## 2.8 مستقبل شبكات بروتوكول الانترنت

### 1.2.8 معايير شبكة بروتوكول الانترنت

تطور معايير شبكة بروتوكول الانترنت لدعم النمو طويل الأمد والجودة والفورية وقابلية التنقل (mobility). ليس للانترنت اللاسلكية عرض نطاق كاف (وصلة هوائية Air Link) في المنظومة. لهذا السبب يمكن لمنظومة الانترنت الحالية بلا توصيل (connectionless) بإرسال الرزم، أن تنسب في زمن انتظار طويل وضياح رزمة إذا استخدمت المنظومة كمنظومة متنقلة لاسلكية، عندها سيحتاج معيار شبكة بروتوكول الانترنت لأن يعدل

#### النمو طويل الأمد

1. إن عناوين بروتوكول الانترنت سلعة نادرة فالنمو السريع للانترنت يستنفذ حيز العنوان الرقمي بسرعة. تتسع زيادة عدد البتات للعنونة من (32) إلى (128) في الإصدار رقم 6 (IP version 6) لبروتوكول الانترنت لحيز عنوان أكبر بكثير. إلى جانب ذلك يدعم IPv6 انتقالاً لطيفاً من الـ IPv4 وكذلك تشكيلاً آلياً للشبكة بامتلاك إمكانية توصيل وتشغيل (plug and play). يمكن للتشكيل الآلي للشبكة كشف أي من الأجهزة والتطبيقات تم وصلها أو فصلها من الشبكة. إن IPv6 قيد الترويج في صناعة شبكة بروتوكول الانترنت.

2. قد لا تحقق الانترنت اليوم حاجات المستقبل بسبب النمو السريع لها. بدأ تطوير الجيل الثاني للانترنت المسمى الانترنت-2. تتألف مجموعة تطوير انترنت-2 من جامعات رئيسية ووكلاء حكومة. إن هدف الانترنت-2 هو تطوير شبكة كبيرة الحجم وعالية الاستخدام.

3. ستغدو الانترنت اللاسلكية اتجاهًا ساعناً. ستحل شبكة بروتوكول الانترنت اللاسلكية محل الشبكة التقليدية الحالية بعرض نطاق محدود. مع ذلك مسائل كثيرة تحتاج للحل مثل قابلية التنقل الترحالية، وقابلية التنقل المنقولة (mobilized mobility) وجودة الخدمة الخ... (انظر للمقطع 4.8)

**جودة الخدمة (QoS):** هناك تقنيات متنوعة قيد التطوير والتحسين باستمرار لدعم تطبيقات بالزمن الحقيقي مثل الصوت على بروتوكول الانترنت وإقامة مؤتمر تلفزيوني (video conferencing) على الانترنت. تستخدم هذه التقنيات لتقليل زمن الانتظار والحفاظ على الجودة وهي تتضمن: (1) تخصيص أساليب مختلفة لأنواع مختلفة من الحركة (traffic) (2) المحافظة على عرض نطاق أو سعة معالجة (أفضلية لأنواع معينة من التوصيلات) (3) دعم خطط أساليب موجهة السياسة لإعطاء أفضلية لأنواع مختلفة من المستخدمين والتطبيقات. (4) تحسين شكل ترويسة بروتوكول الانترنت. يضع للتو مزيج من هذه التقنيات تترافق مع تصميم شبكة حضيف، مقاييس جودة هاتف الانترنت ضمن التوجهات المحددة من قبل الاتحاد الدولي للاتصالات (ITU).

**التوثيق، والمفوض، والمحاسبة (AAA) والفوترة** [AAA: Authentication, Authorized, and Accounting]: إن الـ (AAA) والفوترة ضروريان بسبب الاستخدام المتنامي للانترنت للأغراض التجارية. تطور جماعة (community) الانترنت معايير لأجل الـ (AAA). هناك عدة محددات مسار (مسارات) تجارية متاحة قادرة على جمع معطيات محاسبة مفصلة لأغراض الفوترة. تحتسب وظيفة (AAA) في انترنت الخط السلبي بالمحاسبة لكنها لا تمتلك وظيفة فوترة. إن وظيفة المحاسبة في الانترنت اللاسلكية معقدة جداً ويجب أن تكون مفصولة عن (AAA). تحتاج وظيفة الفوترة في المنظومات اللاسلكية المتنقلة إلى تحديث (updating) مستمر وفقاً لطلب استراتيجية التسويق. لهذا يجب ضم المحاسبة والفوترة كمنفعة (utility) واحدة في المنظومات المتنقلة اللاسلكية.

**قابلية التنقل\* Mobility:** يدعم معيار بروتوكول الانترنت الحديث أجهزة متنقلة تنفذ إلى تطبيقات انترنت. يشار إليها عموماً بقابلية (مقدرة) بروتوكول انترنت متنقلة. رغم أن بروتوكول الانترنت المتنقل يهدف لدعم معطيات رزمة لقابلية التنقل الترحالية (nomadic)

\* الخدمة المتنقلة: إقامة الاتصال أثناء الحركة والوقوف مع تبديل المكان.

تجوال الخدمة المتنقلة: هو الانتقال من موقع تغطية شبكة إلى موقع تغطية شبكة أخرى.

الترحال: هو تغيير الموقع ولكن الاتصال يتم من الثبات في الموقع الجديد.

mobility) مثل حواسيب الحِجَرية (Lap Top) فإنها ستطبق على قابلية التنقل المنقولة مثل إرسال معطيات (بيانات) خلوية. أيضاً بالإمكان تصور استخدامها لدعم الصوت المتنقل على حد سواء.

## 2.2.8 الصوت على بروتوكول الانترنت (VoIP)

الجيل الأول للصوت على بروتوكول الانترنت: تُستخدَم الانترنت بصورة رئيسية للمعطيات (البيانات). وكان الـ VoIP بشكل أساسي مفهوم استخدام الانترنت لاتصالات الصوت. جلبت شركة (Vocal Tec Co) في عام 1995 الـ VoIP للداخل دقق الانترنت الرئيسي (mainstream) بتقديم رزمة (package) برمجيات زبون هاتفية للانترنت تعمل على حواسيب شخصية. أمكن لتتاج الجيل الأول للـ (VoIP) أن يستخدم فقط باتصالات حاسب شخصي لحاسب شخصي واستبعد أن يكون كلعبة هاوي لإجراء مكالمات هاتفية بعيدة مجانية للأسباب التالية:

1. احتاج المستخدمون في كل نهاية لحاسب متعدد الوسط (Multimedia) ومجهز ببطاقة صوت وميكروفون ومصوات.
2. احتاج الأمر لنفس البرمجيات في كلا النهايتين.
3. على مستخدمي الطرفين أن يكونا على الخط لحظة بدء المكالمة.
4. كان يصرف زمن المكالمة بصورة رئيسية في تبديل وضعية التضخيم والضغط (compression) كي يتمكن الطرفان سماع بعضهما بشكل أفضل.

الجيل الثاني للصوت على بروتوكول الانترنت: في عام 1996 قدمت مؤسسة (IDT Crop) تطوراً هاماً لخدمات (Net2 Phone) هاتفية سمحت بما لمستخدمي الانترنت إجراء مكالمات صوتية لأي هاتف تقليدي في العالم. في عام 1997 قدمت (IDT) الهاتف (Net2 Phone) المباشرة، ساحة للمكالمات الصوتية بين جهازي هاتف تقليديين بأن تمر عبر الانترنت بالتخلص من الحاجة لحاسب متعدد الوسائط وبرمجيات الزبون. قُدِّمَ في عام 1998 طوفان من الإنتاج الحديث الذي يدعم الـ (VoIP) مع التركيز على دعم التالي:

1. جودة خدمة محسنة (QoS).

2. وثوقية صنف حامل (carrier – class).

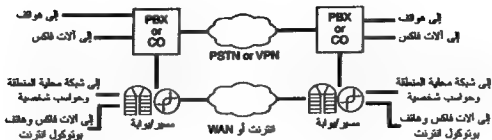
3. منظومات قابلة للتسليق لتطبيقات حامل.

**تحليل مكالمة (VoIP) – جيل ثالث:** تستقبل بوابة منشأ (origination) طلب منشأ مكالمة والأرقام المرقمة (dialed) من بدالة (PBX) أو من مكتب مركزي، لترجمتها إلى عنوان بروتوكول انترنت لبوابة عبور وجهة تدعم الرقم المطلوب وتتبادل المعلومات معه حول إجراء المكالمة. تحول بوابة عبور المنشأ (originating) الصوت التماثلي إلى إشارة رقمية بواسطة معالج إشارة رقمي (DSP)، يتولى ترميز الصوت وضغط الترويسة وترتل الأفضلية وتحديد المسار (التسيير) (routing). تخزن ذواكر بوابة عبور الوجهة مؤقتاً التتابعات (sequences) وتزيل الضغط (decompresses) وتفك الترميز وتحول إشارة دفق الرزمة إلى صوت يُسَلَّم إلى الهاتف المطلوب. يمكن توصيل بوابة عبور النفاذ مباشرة مع هواتف تقليدية وآلات فاكس أو هواتف بروتوكول انترنت (أنظر المقطع 5.8).

**جودة المكالمة على بروتوكول انترنت VoIP:** تعتمد جودة مكالمة VoIP على عاملين رئيسيين – التأخير وتبدلات التأخير. يُفسد التأخير الطويل المحادثة بـ(1) أن يجعل المستمع يبدأ حديثه قبل انتهاء المرسل و(2) يولد صدى (سماع ذاتي) ملحوظاً ويصرف الانتباه (distracting). يشار لتبدل التأخير أيضاً بالارتعاش (Jitter) الذي يتسبب بفجوات في غط الكلام يؤدي إلى كلام مرتعش. بسبب عرض النطاق المخصص للمكالمات الهاتفية في شبكة الدارة المبدلة الحالية فإن للشبكة تأخيراً ثابتاً وتبدلات تأخير قابلة للتنبؤ.

إن لمكالمات بروتوكول الانترنيت الدولية على شبكات (ISP) تأخير زمني قدره (100-150) ميلي ثانية نموذجياً. تقارن هذه مع (30-50) ميلي ثانية لشبكات دارات (PSTN) أرضية (PSTN: Public Switched Telephone Network) و(200 إلى 250) ميلي ثانية تأخير لشبكات دارات السوائل شبه المستقرة. إن تأخير الاستجابة الأعظمي المسموح به في حدود (200) ميلي ثانية اعتماداً على السلوك الإنساني.

تحدث التحسينات على الـ (VOIP) بسرعة كبيرة وهي كما يلي:



الشكل 5.8: تحليل مكاملة على بروتوكول الانترنت (VoIP)

1. يمكن تخفيض التأخير في شبكة بروتوكول الانترنت إلى الحد الأدنى باستخدام إحدى تقنيات جودة الخدمة البازغة على بروتوكول الانترنت أو أكثر (IPQoS)
2. يعالج الارتعاش بنواكر مؤقتة حيث تخزن الرزم قبل تسليمها للمستقبل لكي تصل إليه في النهاية بمعدل ثابت. يحدد حجم الذاكرة المؤقتة الذي يتم اختياره لحذف الارتعاش طول المدة الزمنية للكلام المخزن قبل تمريره إلى المستخدم النهائي. تمهد (تنعيم smooth) النواكر المؤقتة لحذف الارتعاش بتدلات التأخير لكنها تضيف تأخيراً يساوي (50 ميلي ثانية إلى المحادثة)
3. تضيف إلى الرزم الكلامية عبئاً إضافياً معتبراً ترويسة رزمة بروتوكول الانترنت الحاوية على (32) بايت بكل منها تحوي عنوان المصدر والوجهة وبيانات لمعلومات أخرى. حلول ذلك مثل: بروتوكول نقل الزمن الحقيقي مركب (CRTP: Compound Real Time Transport Protocol) يختصر طول ترويسة بروتوكول الانترنت إلى أربعة أو خمسة بايت
4. يستخدم "بروتوكول حزم بيانات للمستخدم UDP: User Datagram Protocol" للصوت على بروتوكول الانترنت (VoIP). فهو لا يحتاج إعادة إرسال الرزم المفقودة أو المهرقة. لهذا السبب يستخدم بروتوكول حزم بيانات للمستخدم عوضاً عن بروتوكول التحكم بالإرسال (TCP: Transmission Control Protocol) الذي يتطلب إعادة الإرسال في منظومات الصوت على بروتوكول الانترنت (VoIP).
5. يدعم معظم إنتاج بوابة (gateway) الصوت على بروتوكول الانترنت (VoIP) اليوم الظروف المحيطية للخط السلكي. إنها تقترض دخلاً بإشارة صوتية تماثلية تتولى تحويلها إلى

رقمية ثم ترمزها باستخدام أحد معايير الترميز (فوكودر) للاتحاد الدولي للاتصالات. يمكن تجاوز هذه العملية كلياً في حالة المكالمات الجارية من محطة متنقلة إلى أخرى متنقلة بشبكات خلوية رقمية. فإشارة المحطة المتنقلة جاهزة رقمياً ومرمزة (هفوكودر).. يتطلب من بوابات عبور الصوت على بروتوكول الانترنت أن تدرك هذه التبدلات وتدعم معايير ترميز الصوت (بالفوكودر) بالخدمة المتنقلة.

عواقب النمو: تتم موازنة الصوت على بروتوكول الانترنت لأجل نمو مثير. تم التنبؤ بنمو حركة (traffic) الصوت الكلية على شبكات بروتوكول الانترنت في الولايات المتحدة بحوالي (20) بالمائة من عام (2000) إلى عام (2003). يمكن ذكر مقومات النمو على النحو التالي:

1. معظم النمو اليوم على بروتوكول الانترنت على شبكة العموم محفز بانتهاز صرف البورصة. لا يدفع مقدم خدمة الانترنت (ISP) أية تكاليف نفاد لأجل إتمام مكالمات بعيدة. بينما يفعل ذلك حوامل المبادلة البينية (Interchange Carriers). كلما غت الانترنت الهاتفية قد تتبدل الظروف الإجرائية لإلغاء هذا الانتهاز.
2. رغم أن الاستخدام الواسع لمعيار الاتحاد الدولي للاتصالات (H.323) لإقامة مكالمات صوتية على شبكات بروتوكول الانترنت، لا تزال قابلية التشغيل البيني بين تجهيزات بوابة صوتية لمختلف الباعة مسألة (موضوع) بسبب توسعات ملائمة (propriety extensions) وانتقاء خيارات مختلفة لتنفيذ المكالمات. تتحسن هذه مع جهود الصناعة بأداء اختبار قابلية التشغيل البينية وتوفير تشغيل بيني ممد (منغم) للتجهيزات.
3. لا تزال الكلفة لكل قناة صوت مفردة (منفذ محسن مجموعة البيانات (DSO:Data Set Optimizer port عالية نسبياً رعا بسبب دورة تقانة ميكرو وقيمة صرف البورصة (arbitrage) والتي يتوجب عليها أن تنخفض بسرعة كما هو متوقع بشكل واسع من أجل نمو مستمر في حركة (traffic) الصوت على بروتوكول الانترنت.
4. يجب إثبات وثوقية التقانة برسوخ (firmly) نظراً لأن مقدمي خدمة هاتفية بدراية خيرة أكبر (ITSPs: Internet Telephony Service Providers) ينشرون الصوت على بروتوكول الانترنت على نطاق أوسع.

### 3.2.8 تعدد الوسائط (Multimedia) وتعدد البث (Multicasting) عبر الانترنت

**سمعي:** يمكن سماع مقابلات (صحفية)، وموسيقى وشرائح صوتية وإلى ما هنالك من محطات راديوية عبر الانترنت. لكن التقنية القديمة كانت تحد من ذلك. إذ كان يتوجب تنزيل حمل ملف سمعي كامل بعد استقباله وقبل تشغيله (playing it). لم يكن الأمر غير عادي استغرق (15) دقيقة لتنزيل حمل ملف له أقل من دقيقة سمع عليه. الآن يوجد استخدام أحدث للصوت على الانترنت يدعى بالسمع المتدفق (streaming audio) يسمح بتشغيل السمع دون ضرورة تنزيل حمل كامل الملف أولاً فبدلاً عن ذلك يتم السماع أثناء تنزيل حملة على الحاسب.

**فيديو:** تتحرك تقنية الانترنت لما بعد الريد الإلكتروني والسمع. إن للاترنت أدوات اليوم للمؤتمر التلفزيوني (video conferencing) وتطبيقات تشاركية – (white board) (collaborative applications) كما هو الحال مع السمع. تضغط تقنية التدفق التلفزيوني ملفات تلفزيونية بشكل مثير و تسمح للمستقبل ببدء التشغيل التلفزيوني بينما لا يزال الملف قيد الإرسال.

**البث المتعدد Multicasting:** عادة إن شبكات الاتصال ذات الأداء الجيد أثناء التبديل (at switching) ليست جيدة عند البث المتعدد أو الإذاعة والعكس بالعكس. على كل حال تدعم تقنية الانترنت كلا [التبديل/التسيير] (routing) والبث المتعدد/الإذاعي على حد سواء. إذ أن لتقانة الانترنت قدرة فعالة جداً في إمكانيات البث المتعدد

1. يمكن استحداث وتبديل مجموعات بث متعدد وجلسات (sessions) بأسلوب ديناميكي. يمكن ترجمة الكلام إلى لغات مختلفة وبها بنفس الوقت بشكل متعدد.
2. يمكن لأي مشترك الدخول أو الخروج من مجموعة بث متعدد دون أن يفعل المصدر (source) شيئاً خاصاً أو دون الحاجة لتدخل عامل.

### 4.2.8 قابلية إرتقاء شبكة بروتوكول لترنت

صممت عناصر شبكة بروتوكول الانترنت تاريخياً لدعم تطبيقات مؤسسة تجارية، تستطيع التقنية الآن السماح لشبكة بروتوكول انترنت الارتقاء لدعم ملايين المستخدمين

في شبكات حامل (carrier networks).

محددو المسار (المسيرات) **Routers**: إن سعة المسيرّات (routers) بازدياد مثير، انتشرت الرزم الحديثة عبر منظومات الشبكة البصرية المتزامنة Synchronous (SONET: (POS) [Optical Network] بدفق مسير حتى 2.5 غيغابت/ثا (OC-48) في عام 1998. انتشرت شبكات ضوئية والمسيرّات بدفق قدره (10) غيغابت/ثا (OC-192) في عام 1999. تنتشر مسيرّات للاتصالات اللاسلكية بدءاً من عام 2000 بإضافة بوابات ذات وظائف متعددة ضرورية. إن مواعمة (Interface) المسير مع الـ [BCS: Base Station Control or BTS: Base Transmission Station] المتحكم بمحطة قاعدة أو مع محطة إرسال قاعدة مهمة أخرى ذات صلة بالمعايير (IS-634) و (H.323). ستربط هذه المواعمة تجهيزات نفاذ الراديو المتنقل مع شبكة الانترنت.

بوابات **Gateways**: كانت معظم البوابات قبل عام 1998 بوابات مؤسسة تجارية تدعم عدة مئات إلى آلاف المستخدمين في بيئة شبكة خاصة مشتركة. يمكن لتنفيذ بوابات الصوت على بروتوكول الانترنت أن تكون مختلفة تتدرج من أجهزة قائمة بذاتها مكرسة إلى بطاقات مضافة للبدالات والمسيرّات أو حواسيب شخصية. تحاول قابلية ارتقاء هذه البوابات (وهي غالباً كحد في تقانة الصوت على بروتوكول الانترنت) تصميم الأجيال المتتالية لبوابات الصوت على بروتوكول الانترنت. في عام 1998 كانت بوابات بصنف - حامل (carrier - class) قادرة على حمل (100,000) توصيلة صوت على بروتوكول الانترنت (منافذ). التحسين الإضافي في التصميم والكلفة وسعة بوابات صنف الحامل، متوقع لدعم البنية التحتية لشبكة هاتف العموم .

المخدمون **servers**: يحدد المخدمون بصورة أساسية عدد العمليات الممكن دعمها بنفس الوقت في كل ثانية. تزيد بنية المعالجة المتوازية ومزارع (farms) المخدم (تشارك عدة خدمات بصورة فعالة بحمل العمل) ساعات معالجة العمليات بصورة معتبرة.



### 3.8 الشبكات محلية المنطقة اللاسلكية/4/ (IEEE 802.11)/5/

#### 1.3.8 مقدمة

يمكن لبروتوكولات شبكة المنطقة المحلية (LAN) المعيارية، مثل الاثرنت Ethernet النسي تعمل عند سرعات عالية إلى حد ما بتجهيزات توصيل غير مكلفة، تقدم التشبيك (networking) الرقمي على الأغلب لأي حاسب. إن تشارك المعلومات والحوسبة الموزعة (distributed computing) باديء التحقيق. إلا أن الـ LAN مقصورة على البنية التحتية للسلك الصلب الفيزيائي ضمن البناء. نحن نرغب الآن امتلاك شبكة LAN لاسلكية لزيادة قابلية التنقل وللمرونة. إن بالإمكان إقامة أو فك أو تبديل بنية شبكة منشأة لغرض خاص (ad hoc)، خلال زمن قصير حسب الحاجة، كما أن شبكة الـ LAN اللاسلكية أكثر اقتصادية في الاستخدام. لا حاجة للتمديدات السلكية المكلفة أو إعادة التمديد. لكن شبكة الـ LAN اللاسلكية بحاجة لبروتوكول انترنت متنقل. يُستخدم IP المتنقل لتحقيق شبكات لاسلكية عند مستوى طبقة الشبكة بالإصدار (4) للـ IP (IPv4). لا يتبدل عنوان الـ IP للألة المتنقلة في هذا البروتوكول عندما تنتقل من شبكة وطنية إلى شبكة أجنبية. يُخبر الوكيل (agent) المتنقل عبر بروتوكول الانترنت المتنقل وكيلاً وطنياً على الشبكة الوطنية إلى أي وكيل أجنبي يجب أن توجه إليه الرزم. يعمل بروتوكول الانترنت المتنقل فقط من أجل (IPv4) ولا يستفيد من مزايا بروتوكول الانترنت المستقبلية الأحدث للـ (IPv6). إن بروتوكول الانترنت المتنقل مشروح في المقطع (4.8).

#### 2.3.8 البنى Architectures

توجد طريقتان مختلفتان لتشكيل شبكة كشبكة ذات غرض معين (ad hoc)، أو شبكة بنية تحتية، في الشبكة ذات الغرض المعين توضع الحواسيب مع بعضها لتشكيل شبكة (طيارة) جاهزة للتطبيق الفوري (on the fly) كما هو مبين في الشكل رقم (6.8). تستخدم شبكة البنية التحتية (Infrastructure) نقاط نفاذ شبكة ثابتة. تستطيع العقد المتنقلة (mobile nodes) الاتصال بها كما في الشكل رقم (7.8).

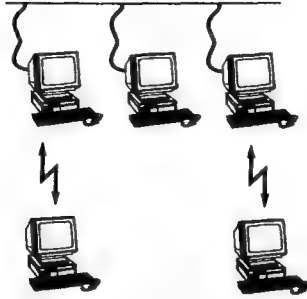
(nodes الاتصال كما في الشكل رقم (7.8).

### 3.3.8 الطبقات Layers

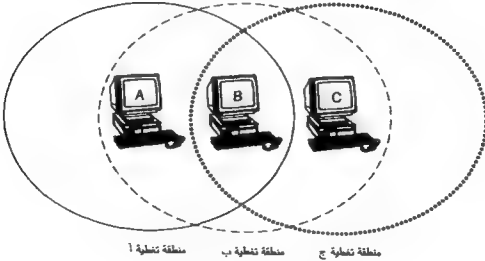
تقيس (توحد) الـ (IEEE 802.11) المواصفات على المعلومات (Parameters) لكلا الطبقتين: الطبقة الفيزيائية (PHY: physical) وطبقة تحكم نفاذ الوسط (MAC: Medium Access Control) للشبكة. تعالج الطبقة الفيزيائية إرسال المعطيات بين العقد باستخدام إما طيف منشور ذي تنابع مباشر (DS) أو نبضات أشعة تحت الحمراء معدلة بالموضع (PPM) لمعدل معطيات من (1) أو (2) ميغابت/ثا. يستخدم النطاق الترددي الصناعي والعلمي والطبي (ISM) (2.4) إلى (2.485) غيغاهرتز لأجل إرسال الطيف المنشور. بينما يستخدم النطاق الترددي ما بين (300) إلى (42.800) غيغاهرتز ( $7\mu m \rightarrow 1mm$ :  $\lambda$ ) من أجل إرسال الإشعة تحت الحمراء. إن طبقة الـ MAC مسؤولة عن المحافظة على النظام في استخدام وسط متشارك فيه. يحدد المعيار (802.11) بروتوكول استشعار حامل متعدد النفاذ مع بروتوكول تجنب التصادم (CSMA/CA: Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)



الشكل 6.8: شبكة ذات غرض معين (Ad hoc network)



الشكل 7.8: شبكة بنية نخعية



الشكل 8.8: مسألة العقد المخفية

#### 4.3.8 تجنب مسألة "العقدة المخفية"

إن مسألة العقدة المخفية مبيّنة على الشكل رقم (8.8) وهي أن العقدة (آ) قادرة على الاتصال مع العقدة (ب) والعقدة (ب) قادرة على الاتصال مع العقدة (ج) لكن العقدة (آ) لا تستطيع الاتصال بالعقدة (ج). إن العقدة (آ) منزرة بأن العقدة (ج) مشغولة بهذا

البروتوكول (مع العقدة C) لهذا عليها الانتظار قبل إرسال رزمتها إلى العقدة (ج) عبر العقدة (ب). يوفر المعيار (802.11) وسائل معول عليها لتحويل (Transfer) معطيات لاسلكية، لكنه ليس مناسباً جداً للمنظومات الخلية.

## 4.8 بروتوكول الانترنت المتنقل/6

### 1.4.8 تعريف قابلية التنقل

قابلية التنقل (Mobility) وقابلية الحمل أو النقل (Partability) تعبران متشابهان. حالياً، معظم مستخدمي الحاسب المتنقل قانعون بالتشغيل المحمول أو النقول. يمكن لحاسب أن يشغل لدى أية مجموعة نقاط توفر التوصيلات لكن ليس خلال الوقت الذي يبدل الحاسب نقطة وصلة. فالحالة الأخيرة هي قابلية التنقل. يرغب المستخدمون المتنقلون امتلاك دعم شبكة بقابلية توصيل بلا انقطاع (uninterrupted connectivity) بين المصدر والمورد (resource) خلال نمط العمل.

إن بروتوكول الانترنت المتنقل هو الذي يسمح بتشغيل متنقل حقيقي. باستخدام البروتوكول لا تحتاج المنظومة و أي تطبيق جارٍ على المنظومة إعادة إطلاقه (reinitialized) أو إعادة بدئه restarted حتى عندما يكون انقطاع التوصيلة متكرراً أو عند إعادة تركيبه في نقاط وصل جديدة.

إن مستخدمي ترحال اليوم للانترنت قانعون على الأغلب بالحوسبة المحمولة لهذا لا يقدم بروتوكول الانترنت المتنقل فائدة كبيرة.

### 2.4.8 دعم قابلية التنقل

يحتاج دعم توفير قابلية التنقل لدى طبقة بروتوكول الانترنت إلى حذر شديد لأن مسألة قابلية التنقل ممكنة التحويل إلى مسألة تسيير (routing) أو تحديد مسار. نظراً لبساطة البروتوكول والحاجة لقدر صغير من الترميز ذي الصلة، تنفيذ التغييرات الضرورية لجدول المسير المتعامل مع الوكيل الوطني والوكيل الأجنبي. بالإضافة إلى ذلك فإن قابلية التنقل ذات تأثيرات أخرى على البروتوكولات عند كل مستوى من كدسة بروتوكول الشبكة

(stack).

فيما يخص احتياجات توصيلات الصوت المتنقلة والتطبيقات العسكرية فإن على بروتوكولات طبقة الوصلات (links layer) والطبقة الفيزيائية. في التشبيك (networking) المتنقل أسفل طبقة الشبكة أن تعالج تصحيح خطأ مكثف وضغط معطيات وتشفير المعطيات وتخفيض القدرة للحد الأدنى وهكذا.

#### 3.4.8 اعتبارات بروتوكول تحكم الإرسال (TCP)

**مؤقتات الـ TCP:** عند استخدام وصلات بعرض نطاق منخفض وتأخير (زمن انتظار) عال فإن قيم مؤقت متخلف (default) في الأداء قد يتسبب بإعادة الإرسال أو بحالة انتهاء المهلة (time out) في معظم المنظومات، حتى ولو كانت الوصلة والشبكة تعملان بشكل جيد بتأخيرات زمنية أطول من المعتاد. سوف يوضع الباعة المبركون لقابلية التنقل قيم أكبر لمؤقت TCP (بروتوكول تحكم الإرسال).

**إدارة ازدحام بروتوكول تحكم الإرسال TCP:** تستخدم العقد المتنقلة على الغالب في وسط لاسلكي. وتسبب في أعطاء أكثر تؤدي إلى سقوط مزيد من الرزم. ويؤدي هذا إلى تضارب مع آليات إدارة الازدحام في الإصدار الحديث للـ (TCP). حالياً عند سقوط رزمة ما فإن تصرف ردود الفعل للـ (TCP) هو كما لو أن الشبكة في حالة ازدحام. لكن سقوط الرزمة يعود إلى الوسط المتنقل عند العقد المتنقلة. سيتم إيجاد حل ما في المستقبل.

#### 4.4.8 مصطلحات بروتوكول الانترنت المتنقل

**عقدة متنقلة Mobile Node:** العقدة المتنقلة هي مضيف أو مسير يبدل نقطة ارتباطه من شبكة ما أو شبكة فرعية إلى أخرى. قد تبدل العقدة المتنقلة مكانها دون تبديل عنوانها على بروتوكول الانترنت. إن عنوان بروتوكول الانترنت IP طويل الأمد هو على شبكة محلية (موطنية). عند البعد عن الشبكة المحلية (الموطنية) فالعناية بالعنوان مترافقة معها.

**وكيل موطنية Home Agent:** الوكيل الموطنية مسير على شبكة عقدة متنقلة موطنية يُسير جزيئات معطيات عبر نفق (tunnels) من أجل تسليمها إلى العقدة المتنقلة عندما تكون بعيدة عن موطنها. النفق هو المسار الذي تتبعه جزيئات المعطيات عندما تكون مغلفة

(encapsulated). لهذا فإن جزيئات المعطيات محمية من تسيير (routing) الانترنت العادي إلى أن تصل إلى وكيل مفكك للتغليف مدرك. التنفيق tunneling عبارة عن عملية تتجاوز (by passes) تسيير الانترنت العادي لرزمة بإغلاق (تغليف) الرزمة بروتوكول الانترنت جديدة تحتوي على عنوان وجهة بروتوكول الانترنت مغاير.

**وكيل أجنبي Foreign Agent:** الوكيل الأجنبي مسير على شبكة عقدة متنقلة جرت زيارتها. يؤدي خدمات تسيير للعقدة المتنقلة عندما تكون مسجلة. يتولى الوكيل الأجنبي فك التنفيق ويسلم جزيئات المعطيات إلى العقدة المتنقلة التي سبق أن تم تنفيقها من قبل وكيل العقدة المتنقلة الوطني.

#### **5.4.8 دور قوة الواجب الهندسي للانترنت (IETF:Internet Engineering Task Force) لأجل بروتوكول الانترنت المتنقل**

تمت معايرة بروتوكول الانترنت المتنقل من قبل مجموعة عمل بروتوكول الانترنت المتنقل ضمن قوة الواجب الهندسي للانترنت والتي هي جمع من سبعين مجموعة عمل تقريباً. يتوجب على انتشار بروتوكول الانترنت المتنقل أن يتقدم على الأرجح في مرحلتين: المرحلة الأولى هي بروتوكول القاعدة والذي يسمح بالتشغيل بدون تبدلات لحواسيب الانترنت القائمة لكنها تعانسي من تحديد مسار(مسارات) أدنى من الأفضل (Sub optimal Routing)، المرحلة التالية: هي جعل المسار أفضل ما يمكن والتي تجد أفضل الطرق لتعديل الحواسيب القائمة وأفضل المسارات لأجل عقد متنقلة. تحتاج مسائل الجدران النارية لأن تحل أيضاً.

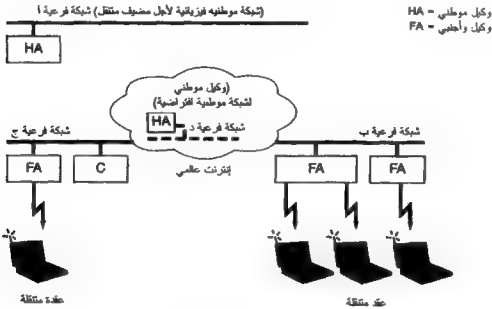
#### **6.4.8 تقدم بروتوكول الانترنت المتنقل**

إن تطبيق الشبكات المتنقلة\* يختلف عن الشبكة السلكية وهو ضعف الانترنت. عندما ينتقل هاتف متنقل من محطة قاعدة إلى أخرى أو من بدالة متنقلة إلى أخرى فإن وظيفة المناولة تضمن استمرار الوصلة الصوتية. في حالة الانترنت إذا تحركت الطرفية وتبدلت نقطة

---

\*. شبكات خدمة الاتصال المتنقلة.

توصيل الانترنت يحتاج عنوان الجهاز الرقمي لبروتوكول الانترنت إلى تبديل. يتسبب ذلك في مشاكل إذ يتوجب على الجلسة القائمة إسقاطها والبدء بجلسة جديدة من الموقع الجديد. للتغلب على هذه المشكلة يسمح بروتوكول الانترنت المتنقل للشبكة الموطنيه (أنظر الشكل 9.8) بالتبع المستمر وفق حركة الجهاز المتنقل ضمن الشبكة أو إلى شبكة أخرى. يستخدم بروتوكول الانترنت المتنقل تنفيق (tunneling) البروتوكول لإخفاء عنوان موطن عقدة متنقلة من مسيرين متدخلين (Intervening) بين شبكتها الموطنيه وموقعها الحالي عندما تكون خارج الوطن (الشكل رقم 9.8). يسمح بروتوكول الانترنت المتنقل بالحركة بين أنواع مختلفة للشبكات. من شبكة مستركة (corporate) إلى شبكة مقدم خدمة انترنت (ISP) إلى شبكة خليوية طالما أن هذه الشبكات شبكات رزمة معتمدة على بروتوكول الانترنت داعمة للبروتوكول. يوفر بروتوكول الانترنت المتنقل أداة فعالة لتكامل شبكة العموم والخاصة لأجل خدمات معطيات رزمة.



الشكل 9.8: تشكيل لائحة مصطلحات

إدراكاً لهذا الجهد تعمل هيئة معايير ضمن اتحاد صناعة اتصالات الولايات المتحدة، TR 45.6 على مواصفة بروتوكول انترنت متنقل منسجمة لدعم معطيات رزمة في منظومتين الـ cdmaOne والـ [TDMA (IS-136)]. تزود منظومة الرزمة الراديوية العامة

(GPRS:General Packet Radio System) مواصفة نهاية إلى نهاية لتقديم خدمات معطيات رزمة في منظومات GSM. تستخدم الـGPRS بروتوكول الانترنت للاتصال بين بعض العقد الداخلية وضمن الانترنت. إن إدارة قابلية التنقل لأجهزة المعطيات وجلسات التطبيق ليست منسجمة مع بروتوكول الانترنت المتنقل. حلماً يشكل بروتوكول الانترنت المتنقل الأسس لتزويد خدمات معطيات رزمة في شبكات متنقلة، فإن بالإمكان التصور بأن استخدامها سيحتد لدعم تطبيقات صوت متنقلة على حد سواء. لا يزال بروتوكول الانترنت المتنقل قيد النشوء مع ذلك إن التنفيذ التجاري لنموذج المعايير الحالي موجود الآن.

## 5.8 بروتوكول تطبيق لاسلكي (WAP: Wireless Application Protocol)

### 1.5.8 مقدمة

كانت Phon.Com (سابقاً UnWired Planet) أحد المشتركين بتأسيس منتدى الـ (WAP)، في حزيران (يونيو) 1997 مع نوكيا واريكسون وموتورولا. ركز المنتدى بشكل رئيسي على سوق هاتف لاسلكي كبير كوسائل لتقديم خدمات معتمدة على الانترنت. نظراً لأنه بحلول عام 2001 سيكون هناك (600) مليون مشترك لاسلكي، تحتاج هذه الأوساط المتعددة إمكانات تشمل إمكانية استعادة بريد إلكتروني ودفع وسحب معلومات من الانترنت. لتوجيه تطوير التطبيقات القائمة الحديثة هذه طور الـ WAP لتقديم وتسليم معلومات لاسلكية وخدمات هاتفية على هواتف متنقلة وعلى طرفيات لاسلكية غيرها. تتطرق مواصفات الـ WAP للمسائل أعلاه باستخدام أفضل المعايير القائمة وتطور توسعات (extensions) جديدة حيث يحتاج الأمر. يرفع حل الـ WAP الاستثمار الضخم في مخدّمات وأدوات تطوير ومبرمجي وتطبيقات شبكة نسيج (Web) أثناء حل المسائل الفريدة المرافقة مع المجال اللاسلكي. تؤكد المواصفة علاوة على ذلك بأن هذا الحل سريع وموثوق وأمين. توسع وترفع مواصفة الـ (WAP) التقنيات القائمة مثل معايير تشبيك (networking) للمعطيات الرقمية وتقنيات الانترنت مثل IP و HTTP و XML و SSL ومكتشفوا مورد (Resource)



منتظم\* (URL) وأشكال مضمون أخرى مثال: بوابة (WAP) مطلوبة للاتصال مع عقد الانترنت أخرى باستخدام البروتوكول المعياري (HTTP 1.1). تستدعي الموصفة من أجل هواتف يدوية لاسلكية لاستخدام طريقة عنوان URL في طلب خدمات.

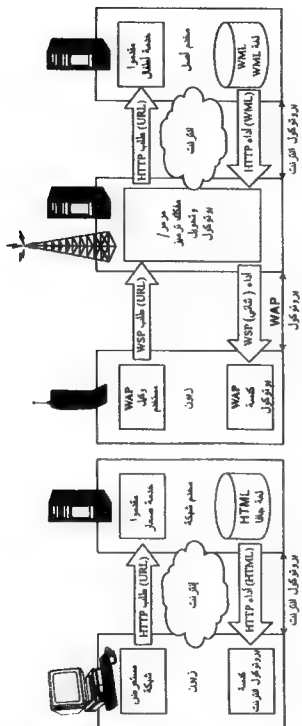
### 2.5.8 نموذج برمجة الانترنت ونموذج برمجة WAP

إن نموذج برمجة الانترنت مبين على الشكل (10.8 أ). يطلب مستعرض (browser) النسيج (الشبكة) الخدمة من مخدم صغير (servlet) على مخدم النسيج (الشبكة) عبر مكتشف مورد منتظم (URL). يستجيب تسليم الخدمة باستخدام كتابة جافا (Java Script) من خلال تقنية HTML لكدة بروتوكول الانترنت لدى الزبون. يعتمد نموذج برمجة الـ WAP بشكل معتبر على نموذج برمجة الانترنت القائم (انظر الشكل رقم 10.8 ب). يزود إدخال وظيفة بوابة آلية توسيع هذا النموذج وجعله أنسب ما يمكن ليتوافق مع مواصفة الظروف اللاسلكية المحيطية. يتم تخفيض الحركة على الهواء للحد الأدنى بالترميز الثنائي/فك الترميز لصفحات (النسيج) الشبكة (Web) وإعادة تكييف كدة بروتوكول الانترنت لاحتواء الموصفات الفريدة للوسط اللاسلكي مثل سقوط المكالمات (call drops).

### 3.5.8 المكونات الرئيسية لتقنية الـ (WAP)

1. لغة الرفع اللاسلكية (Wireless Markup Language): تتضمن لغة الرفع اللاسلكية مفهوم البطاقات والأوراق (decks) حيث أن بطاقة ما هي وحدة مفردة لعملية تفاعل مع المستخدم (Interaction). تُنظَّم خدمة ما عدداً من البطاقات في مجموعة ورق (a deck). يمكن عرض بطاقة على شاشة صغيرة. تكمن (resides) صفحات شبكة الـ (WML) على مخدمات شبكة تقليديه (servers).
2. كتابة WML: اللغة الكتابية مثل JAVA (انظر المقطع 6.8) هي تلك التي تتيح إرسال الأبيدية لجهاز الزبون ديناميكياً وتسمح بالتفاعل مع المستخدم ليكون أكثر تعقيداً وذكاءً.

\* (URL: uniform resource Locators).



الشكل 10.8: نموذج بروتوكول برجة الانترنت مقابل نموذج برجة الـ (WAP)

3. المستعرض الميكروي (Micro Browser): هو تطبيق مقيم على الطرفية اللاسلكية يدير مواءمة المستخدم ويترجم مضمون الكتابة WML/WML.

4. تطبيقات هاتفية لاسلكية (WTA: Wirless Telephone Applications): هي إطار عمل يوفر مواءمة مستقلة عن الجهاز للسماح لمشغلي الشبكة بتحسين أو بناء خدمات هاتفية مثل وظائف تحكم مكالمات (call control) و نفاذ سجل هاتف (Phone Book access) ومراسلة (messaging).

5. كدسة بروتوكول خفيفة الوزن: تخفض متطلبات عرض النطاق لأقل ما يمكن، تضمن قدرة مجال عريض من شبكات لاسلكية (بدءاً من النداء paging إلى شبكات الجبل الثالث) على إدارة تطبيقات الـ WAP. تتضمن كدسة بروتوكول الـ WAP مجموعة بروتوكولات للنقل الـ WTP وللجلسة الـ WSP وطبقات الأمن (WTLS). إن الـ WSP مرمز ثنائياً وقادر على دعم التخزين السريع للترويسة (header caching) وبذلك يقتصد بمتطلبات عرض النطاق. يعوض الـ WSP أيضاً زمن التأخير الطويل بالسماح للاستجابات والطلبات أن تعالج بصورة غير متزامنة، أي الإرسال قبل استقبال الاستجابة على طلب سابق. يعيد بروتوكول الـ WTP إرسال الأجزاء المفقودة فقط الناتجة عن الخفوت أو نقص التغطية باستخدام إعادة الإرسال الانتقائي وبذلك يعوض عن الاتصال اللاسلكي الأقل استقراراً. يبين الشكل (11.8) علاقة الوظائف في مجال المشغل (Operator's Domain).

6. مزايا الـ WAP: (1) يستخدم بروتوكول الـ WAP أقل من نصف عدد الرزم التي تستخدمها كدسة الانترنت المعياري (HTTP/TCP/IP) لتسليم نفس المضمون. (2) إن عنوان الموارد المحدودة للطرفية والمستعرض (browser) وكدسة البروتوكول خفيف الوزن مصممة للقيام بمطالب صغيرة من الـ (CPU) والـ ROM. (3) يساعد الترميز الثنائي للـ WML وكتابة الـ WML على إبقاء الـ RAM صغيرة ما أمكن.

---

\*.WAP: Wirless Application Protocol. WTP: Wirless Transport Protocol.

WSP: Wirless Session Protocol.

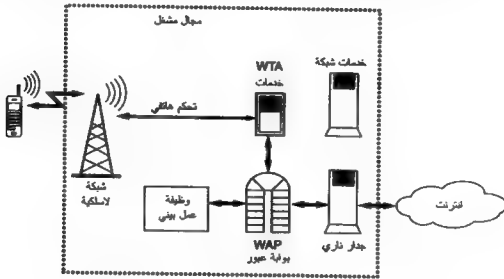
WTLS: Wirless Transport Layers Security

\*\* WML: Word Mark Language. WMLS: Word Mark Language Scripts.

(4) تأخذ المحافظة على استخدام الناقل المخفض بالاعتبار قدرة مدخنة (بطارية) الطرفية المحدودة.

## 6.8 الضرس الأزرق (Bluetooth) وجيني (Jini)

الضرر الأزرق هو راديو قصير المدى مستخدم لتوصيل أجهزة إلكترونية مثل حواسيب شخصية (PCs) مع بعضها. أما جيني فهي بنية منظومة حديثة توفر آليات لبناء خدمة والوصل المحلي (Loop up) واتصالاً وهي مستخدمة في منظومة متوزعة (distributed).



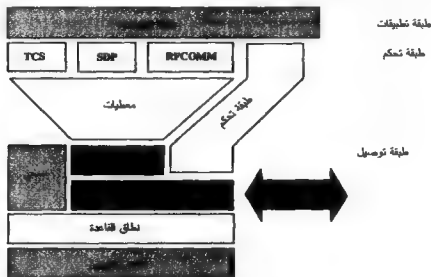
الشكل 11.8: علاقة الوظائف في مجال المشغل (Operator's domain)

## 1.6.8 للضرر الأزرق (Bluetooth)

مقدمة: الضرر الأزرق وحدة راديوية تسمح بربط واتصال أجهزة إلكترونية فيما بينها لاسلكياً مدى قصير ولشبكة ذات غرض محدد (ad hoc). مهدت بالبداية للضرر الأزرق كل من شركة أريكسون ونوكيا وأي بى إم وتوشيبا وإنتل. يدعم الآن هذه الوحدة أكثر من ألف شركة. جاءت تسمية الضرر الأزرق من لقب لقرصان اسكندنافي. ونظراً لأن قابلية التنقل أصبحت مهمة جداً في حياتنا اليومية فقد غداً أمراً جذاباً استخدام أجهزة راديوية قليلة الكلفة سهلة التوصيل تجلب أجهزة إلكترونية مع بعضها في شبكة لغرض خاص (ad hoc network).

**مواصفات الـ Bluetooth:** الـ (BlueTooth) وحدة راديوية قصيرة المدى تعمل بأسلوب نقطة إلى نقاط متعددة وتنقل الكلام والمعطيات ولها المواصفات التالية:

1. **النطاق الترددي:** استخدام النطاق الترددي (2.45) غيغاهرتز المخصص للصناعي/علمي/طبي (ISM) وهو نطاق لا يحتاج إلى ترخيص مفتوح للاتصالات وكذلك للاستعمالات مثل مراقبة الأطفال وفتح أبواب المرائب والهواتف اللاسلكية والأفران الميكروية وهكذا.



**الشكل 12.8: بنية الضرس الأزرق**

2. **مدى الإرسال:** إن مدى الوصلة العادية هو عشرة سنتيمترات إلى عشرة أمتار. يمكن توسيعها إلى (100) متراً بزيادة قدرة الإرسال
3. إن عرض نطاق كل قناة (1) ميغاهرتز
4. التعديل هو ترزير إزاحة دنيا غاوسيه GMSK: Gaussian Minimum Shift Keying
5. يتبنى القفز الترددي (FH: Frequency Hopping) والذي يقسم النطاق الترددي (ISM) إلى عدد من أقنية القفز
6. يوفر حلاً لمنظومة بتخصيص الطبقات السبع لنموذج OSI (تمهيد للنظم المفتوحة): (OSI: Open Systems Initiatives). إن بنية الضرس الأزرق مبينة على الشكل رقم (12.8)
7. ذو بنية موجهة نحو السيد/عبد

8. يدعم حتى ثمانية أجهزة في شبكة بيكو (a pico net) (أي تشارك وحدتي ضرس أزرق أو أكثر بقناة)
9. له أمن ضمني (built-in)



الشكل 13.8: بنية جيني

**تطبيق الضرس الأزرق:** الضرس الأزرق حل لمنظومة بإمكانه العمل في حالة عدم توفر خط نظر عبر الجدران والحوائط. قادر على التكامل مع شبكات أخرى عبر البروتوكول (TCP/IP). سوف يتيح الضرس الأزرق للمستخدمين الربط مع مجال عريض من أجهزة الحاسبات والاتصال والخدمات. دون الحاجة لشراء وحمل وتوصيل كوابل. يؤمن فرصاً لتوصيلات ذات غرض خاص ومن الجائز مستقبلاً من أجل توصيلات آلية غير مخططة بين أجهزة وخدمات. إن تقانة راديوية كفؤة القدرة للضرس الأزرق ممكنة الاستخدام في كثير من الأجهزة المتماثلة التي تستخدم الأشعة تحت الحمراء: هواتف وأجهزة نداء و موديمات وأجهزة نفاد شبكة محلية المنطقة وسماعات رأسية وحواשב المفكرة والطاولة المحمولة باليد.

## 2.6.8 جيني JINI

**الوصف:** غدت مقاييس الحواسب أصغر وازدادت سرعة الحوسبة بشكل مثير. أضحت جيني رؤية شركة (Sun Microsystems) لمستقبل الاتصالات في عالم الحواسب. تعمل لغة JAVA على جميع المنصات. تمنون جيني الاحتياجات المخرجة لنفاذ الحاسوب لخدمات الشبكة عبر مواومة منتظمة وبسيطة. إن جيني بنية منظومة جديدة تجلب للشبكة تسهيلات

الحوسبة المتوزعة (distributed) والخدمات المعتمدة على الشبكة والتوسع غير المنظور والأجهزة الذكية المعول عليها والإدارة السهلة. تسمح الطبيعة الديناميكية (الحركية) لمنظومة (Jini) للخدمات بأن تضاف أو تسحب من تكتل (federation) في أي وقت وفقاً للطلب أو الحاجة أو تبديل المتطلبات لمجموعة العمل التي تستخدمها.

**المواصفات:** إن جينسي المواصفات التالية:

1. تستخدم 100% لغة جافا ومطورة من قبل Sun (إن لغة جافا مشروحة في المقطع 4-6-8)
  2. توفر وسائل تسمح لأجهزة وخدمات مختلفة بالاتصال مع بعضها البعض
  3. إنها تطبيق شبكة قوي
  4. "خدمة ما" هي المفهوم الأهم ضمن بنية جيني. خدمة ما هي كيان، وحوسبة، وتخزين، وقناة اتصال مع مستخدم آخر، ومرشح برمجيات، وجهاز معدات (hardware device) أو مستخدم آخر.
  5. يمكن للخدمة ما أن تستخدم من قبل شخص، وبرنامج أو خدمة أخرى.
  6. تسمح منظومة شبكة جيني للألة الافتراضية المتوزعة بالعمل كمنظومة مفردة.
- عناصر جيني الرئيسية:** يسمح عنصري الاكتشاف والتمعن (discovery and lookup) في البنية للأجهزة والبرمجيات بالتوصل والتسجيل (register) مع الشبكة كما هو مبين في الشكل رقم (13.8).
1. يعل الاكتشاف والانضمام للمسألة الصعبة بكيفية تسجيل جهاز أو تطبيق نفسه مع الشبكة للمرة الأولى بدون معرفة سابقة بالشبكة.
  2. يمكن النظر للتمعن كلوحة إعلان لجميع خدمات الشبكة.
  3. يمكن تحقيق الاتصال بين خدمات باستخدام التماس طريقة بعيدة (RMI: Remote Methode Invocation) جافا. إن RMI لغة برمجة جافا أتاحت امتداداً إلى آلية مكاملة ذات إجراءات بعيدة تقليدية. تسمح الـ RMI لمعطيات وأهداف كاملة تشمل ترميزاً أن تكون ممررة من أهداف حول الشبكة.

### 3.6.8 العلاقات بين الضرس الأزرق وجيني

الضرس الأزرق جهاز وجيني خادمة. يبين الجدول (1.8) الفروقات. إن الضرس الأزرق حل لمنظومة يقوم بتعريف الطبقات السبعة لنموذج OSI لإقامة توصيلات و توفير خدمات. جيني معتمدة على جافا 100% و توفر فقط استعراض خدمة الشبكة ووظيفة الإكتشاف للشبكة القائمة (existing). لهذا السبب إن الضرس الأزرق قادر على تحسين جيني بتوفير إمكانية تشبيك (networking) لاسلكية.

### 4.6.8 خلفية جافا

جافا لغة تفسيرية تحتاج إلى مترجم (مفسر)، وإلى الآلة الافتراضية (VM: Virtual Machine) لترجمة ترميز البرمجيات إلى رموز بايت من أجل منظومة تشغيل (Operating System) معينة. بسبب أن الآلة الافتراضية تميز لجهاز فإن الـ JAVA مستقلة عن جهاز ما ولهذا السبب فإن تضمين العبارة "أكتب مرة واحدة، تجري بأي مكان" run any where " إن جافا معيار مفتوح ومقبول بشكل واسع في الصناعة.

هناك ثلاثة إصدارات لمنصة برمجيات جافا لـ 2- JAVA إصدار تجاري (enterprise edition) لأجل المخدمين وإصدار معياري لأجهزة سطح المكتب (desk tops) و الإصدار الميكروي (micro edition) للأجهزة المحمولة باليد وأجهزة المساعد الرقمي الشخصي (PDA: Personal Digital Assistant) والنظومات المدججة (embedded) وبطاقات جافا J2ME. إن آلة Sun الافتراضية لأجل J2ME، kVM، صغيرة لدرجة (128) كيلو بايت على الجهاز ووظيفتها مجزأة بين الجهاز ومزودي الخدمة.

تطويرات Developments: تخطط (NTT DoCoMo) لدمج جافا بهواتفها نط-؛ قبل حلول عام (2000) وقبل تقدم نظام الـ (IMT-2000). بموطئ القدم الأصغر لـ kVM وقدرة وحدة معالجة مركزية متزايدة باستمرار وتحسن في استهلاك القدرة. من المرجح أن تكون جافا مناسبة للأجهزة المحمولة باليد.

إن تبادل الرسائل الذكي و بروتوكول التطبيق اللاسلكي (WAP) معيان للهواتف (الصخرية Lite) بينما تهدف جافا لطرفيات شبكة أكثر تعقيداً تلك التي تدير منظومات تشغيل مثل EPOC من (Symbian) و ويندوز (Windows CE) من ميكروسوفت. رغماً عن



أن مقاييس شاشة عرض هاتف وقدرة الحوسبة بازدياد فإنهما لا تزالان عاملاً محدداً عندما يتعلق الأمر بمرحان تطبيقات جافا معقدة.

إن لمنتدى WAP مجموعة عمل تبحث في دمج جافا في مواصفة الـ WAP. من المحتمل أنها ستكمل لغة الرفع WML (لا تُكمل الـ HTML) لتطبيقات مستعرض أكثر ديناميكية تعمل على كدسة البروتوكول الخفيف (WAP). توضح مقارنة بعض مكونات WAP (انظر الشكل رقم 10.8) وجافا (JAVA) (انظر الشكل رقم 12.8) بعض مزايا دمج جافا في الهاتف.

### الجدول 1.8

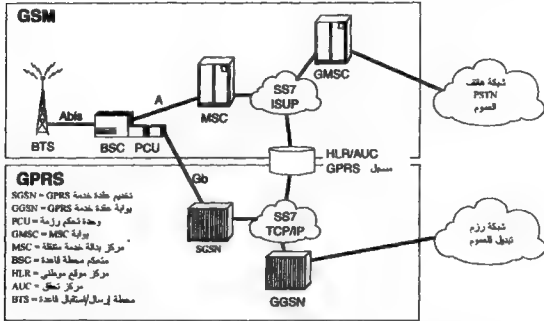
الضرس الأزرق	جيني
لكل جهاز دليل (مثال)	لكل خدمة دليل (مثال) من جيني
الخدمات واللب (Kernel) مستغلان لغوياً	تطلب جيني محيط جافا متحانس
تشجع موطى أقدم تطبيق كفاء وصغير	تطبيقات جافا و (JVMs) كبيرة وبطئية (اليوم)
لا وظائف لب بيانية معتمدة على اكتشاف جهاز لـ	تصل جميع العناصر بجافا مكثفة - عرض نطاق
(RMI)	(RMI)
اكتشاف جهاز	تفترض وجوداً مسبقاً للشبكة
تسجيل خدمة	اكتشاف/انضمام
اكتشاف خدمة	ثمن (Look up)
زبون	توكيل (proxy)
اللب (Kernel) = 37 كيلو بايت	1 P JAVA JVM = 1 ميغا بايت
نظام تشغيل الزمن الحقيقي = RTOS: Real Time	OS/9 = 1 ميغا بايت (OS: Operating System)
Operating System)	System)

## 7.8 شبكة نواة بروتوكول قترنيت لاسلكية (WIRELESS IP CORE NETWORK)

تنمو الاتصالات اللاسلكية بسرعة كبيرة بحيث أن هناك (600) مليون مستخدم جهاز محمول باليد عام (2000). بحلول عام (2003) سوف يزيد عدد المستخدمين على (1) بليون. بنفس الوقت ينمو عالم مستخدمي الانترنت بسرعة. هناك أكثر من (200) مليون مشترك بالانترنت عام 2000.



السلكي. مع ذلك فإنه مكلف جداً ولا يشكل حلاً لبروتوكول انترنت كاملاً. اقترحت طريقتان لشبكات نواة بروتوكول انترنت لاسلكية: شبكة نواة بروتوكول انترنت مركزية بنمط نقل غير متزامن (ATM) مبنية على الشكل رقم (16.8) وشبكة نواة بروتوكول انترنت مركزية بمحدد مسار (مسير) مبنية على الشكل رقم (17.8). إن لشبكة نواة بروتوكول انترنت مركزية بنمط نقل غير متزامن فائدة إلى حد ما لكن الكلفة عالية نسبياً. إن الفوائد كما يلي:



الشكل 15.8: منظومة رزمة راديوية عامة اليوم (GPRS: General Packet Radio System)

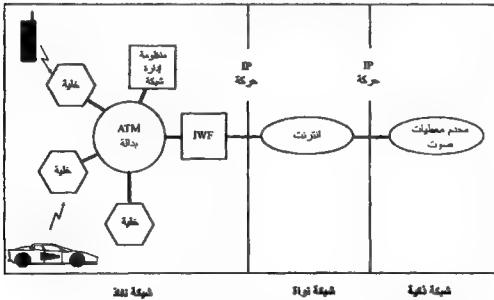
1. البدالة عريضة النطاق
  2. لها جودة خدمة (QoS)
  3. لها جميع وظائف البدالة المتنقلة
  4. طريقة تشكيل مركزية
- إن مساوئ الطريقة المركزية للـ (ATM) هي:
1. ليست شبكة نواة بروتوكول انترنت كلية
  2. كلفة عالية

3. ليس من السهولة إضافة مزايا ووظائف

إن طريقة محدد المسار المركزية قليلة التكلفة وبسيطة التشكيل (الشكل 16.8) وحلاً لشبكة نواة بروتوكول انترنت لاسلكية كلية. في كانون الثاني لعام 1999 أقامت أربعة شركات هي Vodafone AirTouch و Cisco و Hyundai و Telos بقيادة Vodafone AirTouch عرضاً لشبكة نواة بروتوكول انترنت لاسلكية مبنية على الشكل (18.8) (انظر المستند 8 آ) كان لـ W. Lee دوافعه لهذا العرض. كانت الدوافع:

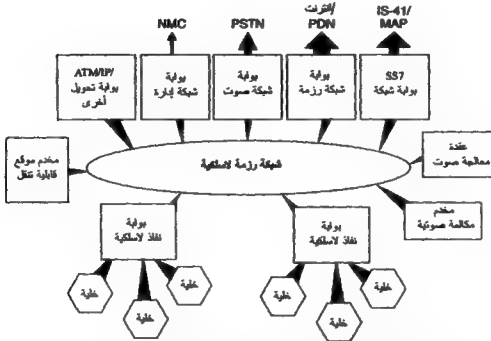
1. إن بروتوكول الانترنت هو الجواب لشبكات متعددة الخدمة تتضمن الجيل القادم للشبكات اللاسلكية بالصوت والمعطيات
2. يحشد بروتوكول الانترنت سوقاً ضخمة ودافع اختراع تقني. ازداد عدد مستخدمي الأجهزة المتصلة بشبكات بروتوكول الانترنت أُسبياً (exponentially) تجاوزت خلال الأعوام القليلة السابقة كمية حركة المعطيات كمية الحركة الصوتية في ظروف تشغيل محيطية كثيرة.

3. إن للشركات (Vodafone AirTouch) و (Disco) و (Hyundai) و (Telos) اهتمام مشترك في تطوير شبكة بروتوكول انترنت لاسلكية جديدة



الشكل 16.8: شبكة بروتوكول انترنت لاسلكية معتمدة على نمط نقل غير مترام (ATM)

4. إن عرض إثبات مفهوم استخدام بروتوكول الانترنت لمنظومة لاسلكية حاسم لتقديم بنية بروتوكول الانترنت اللاسلكي.



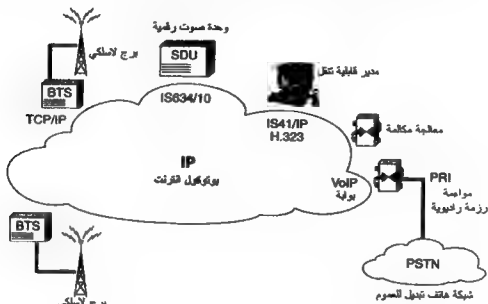
الشكل 17.8: شبكة بروتوكول انترنت لاسلكية معتمدة على محدد مسار

كان هدف المشروع هو عرض التقانة وقابلية الحياة لشبكة بروتوكول الانترنت اللاسلكية وملاءمة التكاملية مع شبكات لاسلكية أخرى معتمدة على بروتوكول الانترنت. يشمل تقدير قابلية حياة شبكة بروتوكول الانترنت اللاسلكية ما يلي:

1. مردود الاستثمار *Investment efficiency*: تقييم نموذج متعاقب من استثمار نام لتجهيزات أولية وتغطية مساحة وسعة منظومة وشبكة وارتقاء منظومة.
2. مردود تشغيل *Operation efficiency*: دراسة فوائد نقل بروتوكول الانترنت المشترك، وانتشار شبكة واحتياطي خدمة (Service Provisioning) وإتاحة شبكة (Availability) ووضع أبعاد شبكة رزمة.
3. أداء شبكة *Network performance*: تُحَرى التقدم الحديث لتقانة جودة الخدمة، وتَحَرى نواحي أمنية لوصلة الرزمة الهوائية. وفهم تحديات ملاقة متطلبات الاتصالات.
4. مردود العناية بالزبون *Customer care efficiency*: تقييم مزاياء مواعيد بروتوكول

الانترنت المشترك، وسهولة مكاملة تشغيل الشبكة مع عناية الزبون، حل عناية في الوقت المناسب وحل عناية زبون باعة متعددين، والفاتورة الإلكترونية والمساعدة الإلكترونية (e-help) (أي التجارة الإلكترونية e-business).

5. أسس قابلية التنقل *Mobility essentials*: تحقيق تنفيذ وظائف قابلية التنقل والتي تتضمن إدارة قابلية التنقل ومناولة البرمجيات وإدارة الموارد الراديوية.



الشكل 18.8: بنية المستوى العلوي لشبكة نواة بروتوكول انترنت لاسلكية

6. شبكة لاسلكية معتمدة على بروتوكول الانترنت غير مرتبطة (unbundled): استقصاء

إمكانية ربط وتشغيل (plug and play) مع خدمات وتطبيقات شبكة لبايع متعدد.

7. هل بروتوكول الانترنت جاهز لعنصر نواة اتصال بعيد؟ كشف القصور إن وجد واقتراح

تحسينات. استقصاء فوائد شبكة بروتوكول انترنت (نهاية إلى نهاية). استقصاء تحليل

السعة الحدي لحركة معطيات وصوت مضمومين على شبكة بروتوكول انترنت مفردة.

8. أثر الصناعة *Industry influence*: تعريف ومعايرة: شبكات نفاذ راديوية معتمدة على

بروتوكول الانترنت وبنسى شبكة نواة، ومواعمات، وبروتوكولات. تكوين استراتيجية

حول تبدلات ضرورية لبنية شبكة بروتوكول انترنت اللاسلكية. وجدت Cisco

وAirTouch وVodafone بعد العرض الحاجة ومهدت لمتدى الانترنت اللاسلكي المتنقل (MWIF: Mobile Wirless Internet Forum) في شباط (فبراير) عام 2000 لإعداد توصيات قوام معيار الجيل الثالث في منطقة شبكة بروتوكول انترنت لاسلكية.

كانت مزايا العرض كما يلي:

1. قُدمت بنية شبكة بروتوكول انترنت نهاية إلى نهاية لاسلكية باستخدام منظومة المعيار IS-95 CDMA في (Reno) - نيفادا.

2. عرضت ثلاثة أنواع من المكالمات عبر شبكة بروتوكول الانترنت اللاسلكية، مكالمات أرضية إلى متنقلة، ومكالمات متنقلة إلى أرضية، ومكالمات متنقلة إلى متنقلة.

3. عرضت مزايا المناولة في شبكة نواة بروتوكول انترنت كان هذا أول عرض لحل شبكة بروتوكول انترنت لاسلكية في الصناعة وخطة رئيسية نحو نجاحات شبكة بروتوكول الانترنت اللاسلكية. يبين سهولة توصيل عناصر شبكة أثناء تأدية خدمات تامة (seamless) وإدارة شبكة.

كان للعرض المزايا الفريدة التالية:

1. حذف البدالات. فوكيل مكالمة (Call Agent) شركة Cisco هو بدالة برمجيات (soft switch).

2. شبكة بروتوكول انترنت كلية.

3. فصل إدارة قابلية التنقل عن معالجة المكالمة والتي تتيح ارتقاء المنظومة وتكفل بصورة أسرع وأرخص تطوير مزبة مشترك .

4. فصل التشوير عن المعطيات

5. حَسَّن امكانية مقارنة المتنقل (mobile) والخط السلكي

6. شبكة معطيات متكاملة مع شبكة متنقلة

7. تحويل المعيار (IS634) إلى (H.323)

## 1.7.8 تحسينات المستقبل

رغمًا عن أن بروتوكول الانترنت سيكون نواة توصيل عناصر شبكة وتقديم خدمات،

هناك نطاقات أخرى تحتاج إلى تحسين:

1. جودة الخدمة (QoS). من الواجب اختيار عدة تقانات مقترحة لشبكة انترنت لاسلكية.
2. الفوترة (Billing). إن نموذج فوترة بروتوكول الانترنت (Paradigm) مختلف عن النموذج التقليدي الدفع على الدقيقة. تحتاج منظومة الفوترة السهلة والقابلة للتكيف لأجل "الدفع على الرزمة أو الميغا بايت" إلى الاستقصاء.
3. زمن التأخير (الانتظار) (Latency). حجم الشبكة بحيث تسلم معطيات يتوقف استلامها على الوقت في الوقت المحدد.

## 8.8 التدخل أو الضجيج

خصصت مفوضية (لجنة) الاتصالات الفيدرالية (FCC) في الماضي طيفاً معيناً وترخيصاً لمقدم خدمة محدد. إذا لم تكن طريقة التعديل أو إشعاع القدرة المُستخدَمن في الطيف العامل وفقاً لمواصفات FCC فإن التدخل سيظهر خارج النطاق وسيتم كشفه. عندئذ بإمكان FCC إصدار التعليمات لهؤلاء للتسبب بالتدخل إذا تقدم مستخدمو الطيف المخابور بشكوى للـ FCC. إن شرعة (Charter) الـ FCC هو تنسيق استخدام الطيف ثم مسائل إدارة الطيف ثم معالجة الضجيج الكهرومغناطيسي.

### 1.8.8 سياسة تشريك الطيف

للوصول لحذف استخدام الطيف بمردود عالي. تنحى الـ FCC إلى سياسة التشارك بالطيف. هناك ثلاثة سيناريوهات في ذلك.

مشغلون أكثر موهين لهم تقديم نفس الخدمة: تحاول الـ FCC اليوم استخدام الطيف بكفاءة مع توليد منافسة سوق عادلة بنفس الوقت أيضاً. يتناسب بالحقيقة مردود الطيف عكساً مع عدد مشغلي المنظومة/12:

$$\text{مردود الطيف} = (\text{عدد مشغلي المنظومة})^{-1}$$

تعني العلاقة المذكورة أعلاه أنه كلما ازداد عدد مشغلي المنظومة لأجزاء الطيف المقسمة في الطيف الكلي المخصص كلما تناقص مردود الطيف. لكن وللحصول على منافسة عادلة فإن على العدد الأعظمي للسماح به للمشغلين أن يتم اختياره في عرض نطاق



متشارك به اعتماداً على حاجة السوق وتفاوت التداخل.

مشغلون كثر مرخص لهم يقدمون خدمات مختلفة: تريد FCC اليوم الحصول على خدمتين أو أكثر مختلفتين تشاركان نفس النطاق. في الحقيقة من الصعب تحقيق الفائدة من مفهوم مشاركة الطيف. إن استخدام الطيف المخصص عسكرياً أو في عمليات وكيل سلامة العموم (Public Safety Agent) قليل. مع ذلك لا يمكننا انتهاز الفرصة والتأثير على الطيف فقد تكون كل مكالمات عسكرية أو مكالمات طوارئ ذات صلة بحياة أو موت. في الاستخدام التجاري هناك ثلاثة اهتمامات من الضروري التطرق إليها لتوضيح ضعف مفهوم التشارك بالطيف:

1. السوق في نمو مستمر لكن تخصيص الـ FCC الترددي في الخدمتين الخليوية والـ PCS يظل دون تغيير. بافتراض أن الطيف الخليوي قادر على التشارك مع خدمات أخرى اليوم. ماذا عن الغد؟ إذا لم يكن هناك حد لعدد الخدمات المختلفة فلن يتمكن أحد من العمل بنفس الطيف في النهاية.

2. ستقدم خدمة الـ PCS والخليوي مكالمات الـ E119 مع مواقعها المتنقلة. سيعامل طيف الـ PCS والخليوي إلى هذا المدى كطيف سلامة للعموم. لا يمكن أن يكون متأثراً من خدمات أخرى متشاركة معه.

3. الاهتمام الثالث هو إرسال إشارة الـ CDMA. فهي تنشر قدرتها بعرض نطاق ترددي كاف لتكون مشابهة للضجيج. إن الإشارة التي تشبه الضجيج لمنظومات الـ CDMA قادرة على التغلب على التداخل الخارجي الوارد من مشغل خدمة أخرى. لكن عليها أن تدفع الثمن بتضحياتها بالسعة. إن مفهوم مشاركة الطيف بالحقيقة هو تحويل استخدام الطيف من خدمة واحدة إلى أخرى، لا إحراز مردود طيف.

يخطط المشغلون في نطاق الـ PCS والخليوي المرخص التبدل من الجيل الثاني إلى الجيل 2.5 إلى الجيل الثالث. يحاول المشغلون بصعوبة استخدام الطيف بكفاءة. لا متسع لخدمات أجنبية متشاركة الطيف في هذا النطاق.

مشغلون غير مرخص لهم في خدمات مختلفة: الإرسال ضمن النطاق فوق العريض (ultra broad band) ممكن إما بتقانة طيف منشور (SS) أو بتعديل موقع نبضة (PPM: Pulse Position Modulation)، لنشر الإشارة عبر عرض نطاق من (2) إلى (6) غيغاهرتز.

يتحول بالنتيجة منبع ملحوظ إلى منبع غير ملحوظ.

إرسال إشارة من المشغل:

إشارة ذكية ← صحيح إشارة تحت الغطاء (مخفية)

إشارة مستقبلية من مشغلين آخرين:

تداخل معروف الهوية ← يسمح ضحيماً مرتفعاً غير معروف الهوية

إنها متشابهة مع:

جيش نظامي ← يتحد إلى حرب عصابات

(مصدر ملحوظ) (مصدر غير ملحوظ)

سوف تستمر في هذه الوضعية أرضية الضحيح العامة بالارتفاع. لكن سيكون من الصعب إيجاد المصدر ولا يمكن لأحد أن يلام على ذلك. بالسماح لمشغلين غير مرخص لهم استخدام طيف النطاق ما فوق العريض فإن مردود الطيف قادر على الازدياد إلى قيمة عظمى مع ازدياد عدد غير المرخص لهم لعدد غير محدود، لكن الجودة الكلامية وإرسال المعطيات قد تصبح غير مقبولة كلياً.

يعني مردود الطيف الأعظمي في طرف الإرسال أن كل واحد قادر على إرسال مكالمات دون إعاقة رد (blocking) وبإمكانه الإرسال مرات عديدة كما يحلو له. يعني مردود الطيف الأعظمي في الاستقبال أن لا أحد سيكون قادراً على فهم أو كشف مكالمته.

## 2.8.8 مردود الطيف والإشارة الشبيهة بالضحيح

يمكن النظر لأي مسألة من زاويتين على الأقل. من منظور فردي: قد يدعي فرد طالما أنه يستخدم طيفاً بعرض نطاق عريض بأن إشارة تشغيله (أو تشغيلها) تتضمن مستوى ضحيح غير مهم عبر كامل النطاق. لا تستطيع FCC كشف الإشارة. لهذا يمكنه (أو يمكنها) الإرسال على الأغلب ما أمكنه. لا حاجة لترخيص ويتم ادخار ضريبة الترخيص المرتفعة. من منظور FCC:

1. لا تحتاج إشارة نطاق ما فوق العريض لترخيص من FCC للتشغيل.
2. مردود الطيف محقق.

# A Wireless IP Network Solution

*A Demo for the Future Wireless Network*

Sponsored by  
Cisco, Hyundai, Telos and Vodafone AirTouch  
at  
Hilton Hotel, Reno, California  
December 15, 1999

**VODAFONE** airtouch  
**INTEL**  
**HYUNDAI**  
**TELOS** Technology Inc.

المستند T.8: عرض حل شبكة بروتوكول انترنت لاسلكية برعاية (Cisco)، (Hyundai)، (Telos)،  
(Vodafone AirTouch)

3. يجعل من عمل FCC أكثر صعوبة لتنظيف فرضي (الخبطه) مستوى الضجيج العالي في المستقبل.

4. يفترض المرخص لهم من خلال المزايا ملكيتهم للطيف ولهذا سيطالبون FCC بإيقاف أي إشارة تنتهك طيفهم.

### 3.8.8 استنتاج

تحتاج سياسة المشاركة بالطيف للدراسة بعناية فائقة من قبل FCC وإلا فإن عصر المعلومات اللاسلكية سيكون عصرًا مظلمًا نتيجة مستوى الضجيج العالي.

## 9.8 هل متصل الاتصالات اللاسلكية إلى نهاية 13/2

### 1.9.8 مقدمة

أقامت شركة ماركونسي في عام 1897 بنجاح وصلة اتصال لاسلكية بمدى (18) ميلاً عملت من (Needles) على جزيرة (Wright) إلى زورق قطر. أصبحت الاتصالات اللاسلكية اليوم جزءاً من حياتنا اليومية. لهذا فإنه من المناسب التطرق إلى اتجاه الاتصالات اللاسلكية في المستقبل. خلال الأعوام الثلاثين الماضية نمت صناعة الاتصالات اللاسلكية بسرعة كبيرة، فالنداء (pagers) والهواتف اللاسلكية والاتصالات الساتلية والهواتف الخليوية وهواتف الـ (PCS) أصبحت شائعة جداً. كان دائماً التركيز الرئيسي بين هذه الخدمات على الصوت من أجل الزبائن. للدرجة استخدم جهاز الهاتف للرد على إشارة نداء (a page). مع ذلك وبسبب نمو الانترنت ستفقد خدمة المعطيات مهمة في المستقبل.

يعتمد الإرسال الرقمي بما فيه الصوت والمعطيات والحوسبة والتسليم على إرسال المعطيات عالية السرعة. لكن إرسال معطيات عالية السرعة تحتاج لنطاق عرض، وفي وسط الاتصالات اللاسلكية إن عرض النطاق سلعة نفيسة. فعلى الأغلب من المستحيل استقبال عرض نطاق لاسلكي ضخم كما هو في حال عرض نطاق الليف الضوئي. لذلك فالسؤال الذي يظهر هل متصل الاتصالات اللاسلكية إلى نهاية؟ قبل الإجابة على هذا السؤال يجب علينا تفحص بعض العوامل والمسائل الرئيسية. إذا كنا نستطيع إيجاد الحلول لهذه المسائل فالجواب سيكون واضحاً.

القلق الرئيسي المتعلق بمستقبل الاتصالات اللاسلكية هي حدود الطبيعة الأم وعوامل من صنع الإنسان. تحتوي حدود الطبيعة الأم على أطراف طبيعية محدودة، وعلى مسائل طلب وسعة، وجهود تقانة ومنظومات ذكية. بينما تتضمن العوامل من صنع الإنسان إنشاء خدمة، ودور الحكومة كما هو مذكور لاحقاً في المقاطع التالية.

### 2.9.8 طيف طبيعي محدود

إن طيف الأمواج الكهرومغناطيسية مورد طبيعي محدود لهذا فإن الاستخدام الكفء للطيف يعتبر تحدياً كبيراً. بسبب التداخل اللاسلكي هناك عدد محدود من منظومات خدمة في الاتصالات اللاسلكية قادرة على العمل ضمن طيفها المخصص وتمييز التداخل من الأطياف المجاورة.

يستخدم حالياً كثير من المنظومات الطيف بكفاءة باستخدام تعديل الطيف المنشور. ينشر تعديل الطيف المنشور قدرة الإشارة عبر طيف عريض النطاق و لا تسبب تداخلاً لكنها ترفع أرضية الضجيج. إذا تشاركت جميع منظومات الطيف المنشور نفس طيف النطاق العريض سوف ترتفع أرضية الضجيج إلى مستوى لا تتمكن عنده أي من المنظومات من العمل. لحسن الحظ هناك بيئة طبيعية أن بإمكان معدل إرسال المعطيات أن يكون أعلى عندما تصبح مسافة الوصلة أقصر ضمن عرض نطاق طيف معطى وستطبق هذا الدليل الطبيعي مستقبلاً.

### 3.9.8 مسائل طلب وسعة

وجدنا أن الجودة الكلامية وأداء منظومة شاملاً إرسال المعطيات متناسين عكساً مع طلب خدمة وسعة منظومة:

$$(\text{جودة كلامية وأداء منظومة}) = (\text{طلب خدمة وسعة منظومة})^{-1}$$

هناك تحد كبير لمشغلي منظومة في إيجاد تقانات جديدة لرفع الحاجز بحيث يمكن المحافظة على الجودة الكلامية مع ازدياد طلب الخدمة. نحتاج لأقنية عريضة النطاق للسعة ولإرسال معطيات بسرعة عالية. لهذا السبب إن عرض النطاق تحد رئيسي للاتصالات اللاسلكية في المستقبل.

إن تصور اتجاه الاتصالات اللاسلكية مستقبلاً مبين في الشكل (2.9.8)، هناك عمليتان هما

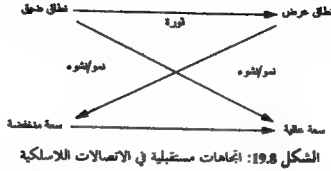
ثورة ونمو فالיום منظومة النطاق الضيق ماضية نحو منظومة النطاق العريض ومنظومة السعة القليلة ماضية نحو منظومة السعة العالية ضمن العملية الثورية. تستطيع منظومات أخرى قائمة الماضي عبر عملية النمو مثل مضي منظومة ضيقة النطاق لاحتراز سعة عالية ومضي منظومة قليلة السعة لاحتراز خدمات نطاق عريض. إن منظومة الجيل الثالث العالمية ماضية حالياً من منظومة نطاق ضيق وسعة منخفضة إلى منظومة عالية السعة عريضة النطاق من خلال عملية ثورية.

### 4.9.8 جهد تقني

يجب توجيه جهود التقنية باتجاه طرق استخدام الطيف الكهرومغناطيسي بكفاءة:  
**راديو عريض النطاق:** الراديو عريض النطاق ضروري لإرسال معطيات عالية السرعة. هناك نوعان من راديو النطاق العريض. راديو تجهيزات (عتاد) (hardware) و راديو برمجيات. يمكن استخدام راديو البرمجيات (انظر للمقطع 4.7) بمرونة أكثر من راديو العتاد في التطبيقات التالية:

1. راديو عريض النطاق واحد لخدمة واحدة. مثل الخليوي أو الـ PCS. وهو قادر على توفير أفضية عريضة النطاق (WB) أو ضيقة النطاق (NB) أو أفضية عريضة وضيقة مختلطة  
 2. راديو عريض النطاق واحد لخدمات متعددة (مثل خليوي و PCS و ساتلية ... الخ) في هذه الحالة إن الراديو قادر على خدمة واحدة في وقت واحد أو خدمات متعددة في وقت واحد.

3. راديو عريض النطاق لأنظمة متعددة (مثل AMPS, GSM, CDMA ... الخ)  
 4. راديو عريض النطاق لخدمات متعددة وأنظمة متعددة.  
 يجب أن يستمر الراديو في المحافظة على جودة صوت جيدة بعد الحصول على الإشارة المطلوبة عبر بحثه الذكي وعليه أن يميز بين جميع الإشارات غير المرغوبة. إنه تحد  
 5. لا تزال تقانة راديو البرمجيات في مرحلة البحث والتطوير. إن تحقيق راديو البرمجيات عريض النطاق صعب ويحتاج إلى تقانة عرق (Breakthrough).



موجة ميليمترية وأشعة تحت الحمراء: لتطبيق اتصالات عريضة النطاق على إرسال بمعطيات سريعة، فاكس - فيديو - وما إلى ذلك يحتاج الأمر لطيف عريض النطاق. في اتصالات الخط السلبي الاتجاه هو في التبدل من السلك المزدوج والكابل المحوري إلى الكابل اللينيفي عريض النطاق. كان فقد الكابل اللينيفي أوائل السبعينيات عالياً جداً. دفعت تقانة الكابل اللينيفي الفقد نحو الأسفل إلى (0.1) ديسيبل لكل كيلومتر حيث هي اليوم.

يمكن توفير طيف النطاق العريض في الاتصالات اللاسلكية عند الترددات الأعلى. تحركت المجالات الترددية نحو الأعلى من الترددات العالية (HF) إلى الترددات العالية جداً (VHF) إلى الترددات فوق العالية (UHF) إلى للميكروية والأشعة تحت الحمراء. مع ذلك إن فقد انتشار اتصالات الموجة الميكروية والأشعة تحت الحمراء عالٍ جداً اليوم. ويجب أن يتوفر لوصلاهما خط نظر. قد نجد في المستقبل وسائل لتقليل الفقد بإنشاء أنواع خاصة من العواكس في المجال، أو استخدام أجهزة أخرى. علينا اتباع نفس التوجه الذي سرنا عبره لتقليل فقد الكابل اللينيفي في تقليل فقد الموجة الميكروية ووصلات الأشعة تحت الحمراء.

سعة المنظومة: إن جعل سعة المنظومة أعظم ما يمكن في الطيف المخصص تحد آخر. أثبت تعديل الطيف المنشور اليوم بأنه أفضل طريقة لزيادة سعة المنظومة.

تقانة محالية من التداخل: يحتاج المرشح حاد الحافة والمضخم الخطي عريض النطاق .....وما إلى ذلك إلى تحسينات لإيقاف التداخل الذي يسببه مستخدمو طيف مجاور. تحاول تقانة الناقلية العالية (Super Conductivity) (طبيعة حرارة منخفضة) أن تلعب دوراً في تقليل الضجيج ويمكن تطبيقها على المرشحات والمضخمات منخفضة الضجيج (low-noise amplifiers).

**منظومة هجينة Hybrid System:** قد يتطلب الأمر أن تكون منظومة الاتصالات عريضة النطاق الترددي منظومة هجينة بكابيل ليفي. معظم وصلات شبكة الاتصالات بكوابيل ليفية. القلق هو فقط في الوصل بين الكابيل الليفي والوصلة الراديوية عند آخر مائة متر. قد يكون تطوير تقانة آخر مائة متر عريضة النطاق أسهل بكثير وستكون مستخدمة في التطبيقات المتنقلة والمحمولة.

**منظومات ذكية:** يتحقق تطوير بناء شبكة جيد لشبكات لاسلكية بـ: (1) فهم حدود الطبيعة الأم (2) جهد إبداعي من صنع الإنسان (3) المخاطرة للترتبة على تطوير البرمجيات. قد تسمى منظومة تستخدم الأقسام الثلاثة للمبينة في الشكل رقم (20.8) منظومة ذكية. يجب على وحدة المشترك أن تكون ذكية لتنفيذ الأوامر، ولمواقع الخلايا ذكاء لإمرار الأوامر وللشبكة ذكاء لصنع أوامر وتعليمات.



الشكل 20.8: بناء شبكة ذكية

### 5.9.8 مفهوم جديد لاستخدام الطيف

يتوجب على مقدمي الخدمة التفكير في استخدام الطيف بمزيد من الوعي نظراً لأن الانترنت اللاسلكية بدأت بالنمو بسرعة. وغداً سعر مزاد الطيف مكلفاً جداً. أ- تحصيل الطيف يصبح مورداً مكلفاً جداً:

• **مزاد المملكة المتحدة للجيل الثالث:** المملكة المتحدة بلد تعداد سكانه ستون مليوناً. أقامت مزاداً لطيف الجيل الثالث للكون من (140) ميغاهرتز مقسماً إلى خمسة نطاقات ترخيص. من بين عطاء للزايدات الخمس كانت قيمة ترخيص النطاق (B)  $15 \times 2$  ميغاهرتز ستة مليارات جنيه إسترليني أو ما يقارب عشرة مليارات دولار. الرسالة المستتعة من هذا المزاد هو أن على مستقبل الاتصالات اللاسلكية المتنقلة أن تندمج مع الانترنت لتكون تجارة مزدهرة.

غداً أيضاً سعر شراء التجهيزات غير مهم نسبياً مقارنة مع سعر مزايده الطيف. إضافة لذلك سيكون كل مقدم خدمة أكثر حذراً باستخدام الطيف كي يبرر كلفة المزاد.



• مزاد الولايات المتحدة للمملكة المتحدة لـ (700) ميغاهرتز: سوف تحرر الولايات المتحدة الأقنية التلفزيونية ذات الأرقام (60) وحتى (62) وكذلك (65) حتى (67) [ست أقنية تلفزيونية تشكل نطاقاً ترددياً قدره (36) ميغاهرتز] لصالح الاتصالات اللاسلكية. سوف يتم إصدار لـ (30) ميغاهرتز منها ترخيصان الأول يساوي (5x2) ميغاهرتز (747-752، 777-782 ميغاهرتز)، والآخر يساوي (10x2) ميغاهرتز (752-762، 782-792 ميغاهرتز). الـ (6) ميغاهرتز هي نطاق حماية. ستقسم الولايات المتحدة إلى تجمعات ستة مناطق اقتصادية (EAGs: Economic Area Groupings). سيكون لكل منطقة (EAG) ترخيصان. المجموع الكلي للترخيص يكمل البلد هو (12). مخطط للمزاد أن يبدأ في أيلول (سبتمبر) عام (2000) والتنبؤ هو أن الحكومة الأمريكية قد تحصل حتى (20) مليار دولار كمائد مزاد لـ (30) ميغاهرتز وفقاً للتنبؤ.

#### ب- معطيات عالية السرعة

نظراً لأن الصوت يُمزج مع المعطيات في قناة الجيل الثالث وقدرها (5) ميغاهرتز فإن قدرة الـ (6) كيلوبت/ثا لقناة حركة (traffic) صوت مختلفة عن قدرة (386) كيلوبت/ثا لقناة حركة معطيات. إن من الصعب جداً في حامل CDMA قدره (5) ميغاهرتز معالجة نوعين مختلفين من أقنية الحركة مع طريقة تحكم قدرة قائمة لحل مسألة تداخل البعيد القريب (near-far effect) بينما معدل المعطيات أعلى من (386) كيلوبت/ثانية. لهذا السبب إن مردود استخدام القناة في حامل CDMA وقدره (5) ميغاهرتز منخفض. لكي يُحسّل الاستفادة من القناة عالية من الواجب استخدام قناة مكرسة لإرسال معدل معطيات عالي قمة لوصلة أمامية حتى (2.4) ميغابت/ثا دعيت معدل معطيات عالي (HDR: High Data Rate) وطورت من قبل شركة Qualcomm التي أجرت تجربة في سان دييغو. طور إضافة لذلك باعة آخرون أقنية معطياتهم عالية السرعة: (IX treme) مطورة من قبل موتورولا ونوكيا، و (E-IXRTT) مطورة من قبل نورتل و (IX plus) مطورة من قبل اريكسون وهي مبنية في الجدول رقم (2.8).

#### ج- منصة وصلة خط نظر:

نحتاج كي نمتلك معطيات عالية السرعة إنشاء وصلات خط نظر (LOS: Line Of

(Sight). يقلل خط النظر امتداد (spread) زمن التأخير والتردد والفراغ والزوايا حين استقبال الإشارة عبر الوسط. هناك عدة طرق لإنشاء وصلات خط نظر.

د- تقنيات تعديل لأجل ظروف خط نظر محيطية:

1. وصلات آخر مئة متر - يمكن لهذه الوصلات أن تكون وصلات خط نظر ويمكن تطبيقها على موجة ميليمترية أو أشعة تحت الحمراء من أجل عرض نطاق كبير.

2. سواتل عريضة النطاق - توفر سواتل المدار المنخفض (LEO: Low Earth Orbit) وسواتل (Geosynchronous Earth Orbit) المدار الأرضي للترانز معطيات عالية السرعة لكنها لا تستطيع خدمة وحدات متنقلة ذات سعة حركة (traffic) عالية. إن موطن أقدامها (foot prints) كبيرة جداً فإن مفهوم إعادة استخدام التردد لمنظومة خلية لزيادة مردود الطيف غير عملي في المنظومات الساتلية مع مورد عرض نطاق محدود.

3. السواتل الجوية (Atmospheric Satellites). السواتل الجوية هي منصات توفر خدمات اتصالات من ارتفاع في الجو قدرة (50,000) قدم وأعلى من ارتفاعات الطائرات التجارية (حوالي 30,000 قدم) بعضها مركبات هوائية بلون بشر. وأخرى سفينة هوائية (Aircraft) لفرض خاص. لكل منها ما يشبه حمل اتصالات ساتلي ومنظومة هوائي تشع نموذج حزم إلى الأرض بالأسفل. تبقى السواتل الجوية نموذجياً طافية لأقل من يوم إلى عدة أسابيع أو حتى سنوات بوقت واحد. إن مركز عمليات مفرد مع عناصر هوائيات احتياطية على الأرض قادرة على المحافظة على تغطية (24x7) كم لمدينة أو أكثر على بعد (1000) كم. تحاول السواتل الجوية التي ستصبح حقيقة تجارية تقلص توصيلاً (Connectivity) عريض النطاق فعال لأماكن إقامة وتجارة في مدينة باستخدام بنية تعدد بتغطية كلية التواجد وسعة عالية على مستوى مدينة بجانب مدينة.

هناك بعض الأمثلة للتجهيزات المذكورة كما يلي:

آ- شركة (Angel Technologies).- تستخدم سفينة هوائية بشرية طويلة البقاء مرتفعة (HALO)

ب - شركة (AeroVironment).- تستخدم مركبة هوائية بلون بشر طويلة البقاء

ج - شركة (SkyStation).- تستخدم منصة أخف من الهواء بلون بشر

1. يمكن في ظروف محيطية بلون خفوت انتقاء التعديل بصورة مختلفة. إن تعديل الخزنة وحيدة الجانب (SSB) للصوت وتعديل تقسيم التردد المتعامد (OFDM: Orthogonal Frequency Division Modulation) للمعطيات هما تعديلا كفو الطيف لظروف خط نظر محيطية (أنظر المقطع 3-11-3).

2. يمكن أيضاً استخدام تقانة (Alpha Com)/14/ القادرة على إرسال (48) كيلوبت/ثا دفق معطيات (MD-3) عبر مرشح (2) كيلو هرتز والاستقبال بمجودة عالية. الفكرة هي إيجاد طرق تمييز (mark) حالات التعديل وتزوير إزاحة طور (VMSK) متبدل (VPSK: Variable Phase Shift Keying) على موجة الحامل بحيث يتعرض شكل موجة الحامل لأقل تشويه. طبعاً نحن نعلم بأن موجة حامل مستمرة (CW) غير مشوهة تحتاج من حيث المبدأ لمرشح بعرض نطاق قدره (1) هرتز.

ونظراً لكلفة الحصول العالية على طيف الجيل الثالث، فإن استخدام الطيف بأعظم مردود سيكون بحث المستقبل. وضع Lee تنبؤاً في كثير من المؤتمرات الدولية/15-17/: لقد قال اليوم إن الـ (TDD) أحد أنماط الجيل الثالث الثلاثة وسيكون النمط الوحيد في الجيل الرابع. نظراً لأن الـ (TDD) منظومة بكفاءة طيف عالية (أنظر المقطع 4-12-5). طبعاً نحتاج لإيجاد تقانة متفوقة تحقق ذلك. يمكن لطريقة ترميز ذكية أن تقلل التداخل. استخدمت شركة (LinkAir) رموز البروفيسور (Dauben Li) وتولت عرض ميزة الترميز/18/. يقول بعض الباعة بأن تقانة الترميز اكتشفت في الستينات وهي تقنية قديمة. استذكر Lee الترميز عام (1989) عندما عرض تعديل تقسيم الرمز متعدد النفاذ لـ Qualcomm. يقول باعة أيضاً أن تقانة الـ CDMA والطيف المنشور تقانة أدخلت في الخمسينيات وهي تقانات قديمة. قد تكون التقانة الأولى قديمة لكن تعديل التقانة الأولى لمنظومة حديثة يعد إسهاماً ضخماً. إذا كانت تقانة الترميز ليست تقدماً كافياً للـ (TDD). عندئذ سيتم إيجاد تقنيات متفوقة. كان لـ Lee رؤية حول منظومة الـ CDMA في عام 1989 والآن له رؤية حول منظومة الـ TDD للمستقبل.

## 6.9.8 سياسة الحكومة

مرونة الطيف: وضعت الـ FCC حالياً سياسة الحصول على مرونة طيف، والتي

يمكن تصنيفها في نطاقين. مرونة فنية وخدمة. الغرض من هذه السياسة تعزيز المنافسة واهتمام العموم باستخدام الطيف بكفاءة أكثر. توفر مرونة خدمة ما خدمات أكثر في طيف مخصص في نفس المساحة الجغرافية. توفر المرونة الفنية منظومات تقانة مختلفة بنفس نطاق الطيف والمساحة الجغرافية. إنها تتسبب في بعض القلق. إن سياسة المرونة هذه قادرة على العمل ضمن ظريفي: عدم استقرار ونقص بالانضباط. وهذا يحتاج دراسة إضافية.

ما يجب أن يكون عليه المعيار العالمي الجيد: يجب استخدام منظومة معيار جيد من قبل خدمات مختلفة كثيرة. مثال تستخدم الخدمات الأربعة PCS، الخليوي، LEO/MSS، وWLL منظومة واحدة. إنه حل مرغوب فيه. الوضعية غير المرغوب لها هي منظومات متعددة تزود نفس الخدمة. يوجد اليوم ثلاث منظومات عاملة لخدمة PCS وهي DCS-1900- NATDMA- CDMA. يتوجب على الخدمة الجيدة أيضاً تحقيق رغبة الزبون كما يلي: كلفة قليلة، ومقاييس صغيرة، ووزن خفيف، وجودة عالية، وزمن تمدد طويل، وإمكانية استقبال مكالمات في أي مكان وزمان وبجهاز سهل التعامل والتشغيل.

## 7.9.8 طريق معلومات لاسلكية فوق العلم (WIRELESS INFORMATION SUPERHIGHWAY)

جاء مفهوم طريق معلومات لاسلكية فوق العلم (superhighway) من نائب الرئيس (AL Gore). يمكن تحقيق طريق معلومات خط سلكي فوق العلم بسبب عرض النطاق الضخم المتاح من شبكة ألياف ضوئية، وهنا إن مسألة الأداء البشري هي في النفاذ للشبكة، طريقة النفاذ لإدخال وإخراج للمعلومات. تأتي محدودية عرض النطاق المنزّل للاتصالات اللاسلكية من محدودية الطبيعة الأم. تتسبب قابلية التنقل بصعوبة أخرى في متابعة مطلب إرسال معطيات عالية السرعة هذه. للحصول على عرض نطاق كبير يجب على ترددات الحامل الصعود للأعلى إلى الموجة المليمترية والأشعة تحت الحمراء. يمكن تطبيق طريق التنوع (diversity) على وصلات موجة مليمترية لزيادة شدة الإشارة. يمكن استخدام الإرسال المنعرج (diffuse) على وصلات الأشعة تحت الحمراء لتوليد مسارات متعددة والتشغيل تحت ظروف خارج خط النظر. أيضاً وبسبب قدرة الأشعة تحت الحمراء على اختراق هطول المطر وليس الضباب وبسبب قدرة الموجة المليمترية على اختراق الضباب

هطول المطر يمكننا إنشاء مستقبل تنوعي بوسط مزدوج باستخدام الأمواج المليمترية والأشعة تحت الحمراء لوصلة المعطيات عالية السرعة اللاسلكية ذات المئات متر الأخيرة (أنظر المقطع 12.5).

[illegible]

© المنظومة البرية للعموم في سلا دهباء - نشر في الثاني عام 1999

Open-loop and closed-loop array technologies

## 8.9.8 استنتاج

قطاعات مختلفة من الاهتمام قد ذكرت. إذا لم يكن لجهد التقانة أن يكون متحركاً للأمام وإذا كان توقيت استراتيجية إنشاء خلية غير صحيح. وإذا لم تلعب الحكومة دوراً قوياً في تنسيق الطيف، وإذا لم يتم التفكير والتخطيط في الطلب والسعة فمن المحتمل أن نواجه نهاية لتقدم الاتصالات اللاسلكية.

بالطبع إذا جعلنا كل فرد يدرك المسائل المختلفة الواقعة أمامه بالتطرق لها مبكراً سنكون قادرين على تصحيح المسار عندما نتحرك للأمام إلى مستقبل اتصالات لاسلكية عظيم.

## 10.8 مراجع

1. Daniel C. Lynch and Marshall T. Rose, *Internet System Handbook*, Addison-Wesley, New York, 1993.
2. David Sacks and Henry Stair, *Hand-On Internet*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J. 1994.
3. John S. Quarterman, *The Internet Connection*, Addison-Wesley, New York, 1994.
4. L. Goldberg, "Wireless LANs: Mobile Computing's Second Wave," *Electronic Design*, June 26, 1995.
5. J. Cheah, "A Proposed Architecture and Access Protocol Outline for the IEEE 802.11. Radio LAN Standards, Part II," *IEEE Documentation*, p. 802, 11/91/54,
6. Charles E. Perkins, *Mobile IP, Design Principles and Practices*, Addison-Wesley, New York, 1998.
7. WAP Forum, "Wireless Application Protocol," *Wireless Internet Today*, June 1999.
8. Andrew Seybold, "Bluetooth Technology: The convergence of communication and computing," *Andrew Seybold's Outlook*, May 16, 2000, [www.bluetooth.com](http://www.bluetooth.com).
9. Ken Arnold, et al., "The Jini Specification," *The Jini™ Technology Series*, June 1999.
10. Jeffrey C. Rice and Irving Salisbury, *Advanced Java 1.1 Programming*, McGraw-Hill, New York, 1997.
11. W.C.Y. Lee, "A Wireless IP Network Solution," *conference of Reno Demonstration on IP Core Network*, Reno, NV, Dec. 15, 1999.
12. W.C.Y. Lee, "Interference or noice?, FCC Has to Make a Choice," submitted to FCC

Technology Advisory Council, May 14, 1999.

13. W.C.Y. Lee, "Will Wireless Communications Come to an End?" *Journal of Information Science and Engineering*. 15:643-651, September 1999.
14. H.R. Walker, J.C. Pliatsikas, Dr. C.S. Koukourlis, and Dr. J.N. Sahalos, "Wireless Communications Using Spectrally Efficient VMSK/2 Modulation" in *Third Generation Mobile Systems*, Springer Verlag, Berlin, 2000.
15. W.C.Y. Lee, "G3G and Its Future," 9th Annual Wireless and Optical Communications Conference, April 14-15, 2000, Marriott Airport Hotel, Newark, New Jersey.
16. W.C.Y. Lee, "Status and Future Prospects for Mobile Phone and Data Communications in the U.S.A.," IEEE VTC-2000 Conference-Panel PA-03 "Development of IMT-2000," Tokyo, Japan, May 18, 2000.
17. W.C.Y. Lee, "Introducing the New Tools and Techniques for 3G," Workshop #2, CDMA World Congress, Hong Kong, China, June 12, 2000.
18. LinkAir Communication Inc. "LinkAir Communications LAS-CDMA Technology Seminar" May 8, 2000, Excalibur Hotel, Los Vegas, Nevada.





## المصطلحات

A multiple of Rake Receiver	مستقبل مشط متعدد
Acknowledge Return request	طلب إعادة إشعار
Active Channel	قناة عاملة
Address Code	رمز عنوان
Air Interface	مواجهة هوائية
Antenna Beam	حزمة هوائي
Architecture	بنية
Artificial Intelligence	ذكاء صناعي
Attraction	جاذبية
Average	متوسط
Base Station	محطة قاعدة
Beam	حزمة
Beam Selector	ناصب حزمة
Bit	بت
Blank	فراغ
Burst	رشقة، دفقة
Carrier	حامل
Cellular	خليوي
Chips	شبات
Chunk	مكسب
Code Sequence	تتابع رمز
Compatibility	انسجام
Compounder	ضاغط / مدمج
Cophase	نفس الطور
Correlated	مترابط
Data	معطيات، بيانات

Data Base	قاعدة معطيات
Data Collection System	منظومة جمع معطيات
Data Stream	تدفق معطيات
Data graws	جزئيات المعطيات
Degraded	مترجمة
Delta Modulation	تعديل دلتا
Demonstration	بيان عملي
Detection	كشف
Device	جهاز
Diagram	مخطط
Dialling	مراقبة
Differential	تفاضلي
Dispatch	توزيع
Digital	رقمي
Digital European Cordless	منظومة اتصال هاتف لاسلكي
Digitization	رقمنة/ترقيم
Direct Sequence	تابع مباشر
Directional Antenna	هوائي موجه
Discrimination	تمييز
Distribution	توزيع
Diversity	نوع
Diversity Receiver	مستقبل تنوع
Down link	وصلة نازلة
Down-converter	مبدل للأسفل
Dropped-cell Rate	معدل انقطاع مكالمة محلية
Dual mode	نمط مزدوج
Efficiency	مردود، كفاءة
Enhancer	محسن

Equalizer	مُسَوِّي
Erlange	وحدة قياس حركة الاتصال
Expansion	توسيع
Excited	مُهَيَّج
Factor	عامل
Fading	خفوت (تخوي)
Forward Error Correction	تصحيح خطأ أمامي
Forward link	وصلة أمامية
Frame	إطار
Frequency Domain	المجال الترددي
Frequency Hopping	قفز ترددي
Frequency Division Duplexing	مزاوجة تقسيم التردد
Future Public Land Mobile	أُنظمة اتصال متنقلة أرضية مستقبلية للعموم
Telecommunication - System	
Gravity	ثقالة
Group	زمرة
Handover=Hand off	مناولة
Heuristic Rules	أحكام مرشدة
Hiss	هسيس
Hum	هم (ضجيج الـ 50 هيرتز)
Hybrid	هجين
Identified Originator	المنشئ المعروف
Idle channel	قناة شاغرة
Information Bit	بت معلومات
Infrastructure	بنية تحتية
Instantaneous Input	دخول آن
Intellectual Property Right	حق الملكية الفكرية
Intelligent Micro cell	الخليية الميكروية الذكية

Interference	تداخل
Interleaving	تشابك
Intermodulation	تعدل بين
Jammer	مشوش
Jitter	إرتعاش
Keying	تزرير
Knowledge Base	قاعدة معرفة
Latency	زمن انتظار (تأخير)
Level	مستوى
Line-of-sight	خط نظر
Link	وصلة
Load	حمل
Low Noise Amplifier	مضخم منخفض الضجيج
Macro	ماكرو
Mass	كتلة
Merit	جدارة
Method	طريقة
Metropolitan	سكان حضري
Metropolitan Statistical Area	منطقة إحصائية سكانية
Micro	ميكرو
Microprocessor	معالج ميكروي
Mini	ميني
Mobile Station	محطة متنقلة
Mobile party pay	الدفع على المتنقل
Mobile Satellite Service	خدمة ساتلية متنقلة
Mode	نمط
Modulation	تعديل
Net Working	تشبيك

Noise Floor	أرضية الضجيج
Normal	ناظمي
Normalization	تقييس
Notch	ثلمة
Omni-directional Antenna	هوائي غير موجه/لا اتجاهي
Operator	مشغل
Packet	رزمة
Packets	رزم
Paging	نداء
Parameter	معلم
PATH	مسار (ممر)
Path Diversity	تنوع مساري
Pattern	نموذج
Performance	أداء
Perpendicular	عمودي
Personal Communication Service	خدمات اتصال شخصية
Personal Communication Services	خدمات اتصال شخصية
Personal Handy Phone Service	خدمات الهواتف اليدوية الشخصية
Pico	بيكو
Plan	خطة
Plan	مستوى
Power Control	تحكم قدرة
Predictor	متنبئ
Predistortion	تشويه مسبق
Preemphasis / Deemphasis	تركيب/حذف التركيز
Processing Gain	ربح معالجة
Processor	معالج
Propagation	انتشار

Proper	مناسب - صحيح
Pulse code Modulation	تعديل نبضي مرمز
Quadrature Amplitude Modulation	تعديل مطلق رباعي
Real time	الزمن الحقيقي
Redundancy	فائض - وفرة
Regularity	نظمية/قياسية
Relay	مرحل/معيد
Relaying	ترحيل/إعادة
Repeater	معيد
Repeater Station	محطة إعادة
Residential	سكني
Reverse link	وصلة عكسية
Roaming	تجوال
Routing	تسيير
Rule Base	قاعدة حكم
Satellite	سائل
Service Provider	مزود خدمة/مقدم خدمة
Set	مجموعة، طقم
Short Burst	دفقة قصيرة
Signaling	تشوير
Simulation	تحاكي
Skirt Filters	مرشحات الحافة
Slot	حيز، نافذة
Software	برمجيات
Space Diversity	تنوع فراغي
Spatial Domain	المجال/الحيز/الفراغي
Spectral Energy	طاقة طيفية
Spectrum	طيف

Spread Spectrum	طيف منشور
Standard	قياسي، معياري
Station	محطة
Stationary	مستقر
Stream	قطار/دفق
Switching	تبديل
Syllabic	مقطعي
Telecommunication	اتصالات بعيدة
Time Domain	المجال الزمني
Time Delay Spread	امتداد زمن تأخير الوقت
Time Division Duplexing	مزاوجة تقسيم الزمن
Time Slot	حيز (نافذة) زمني
Time Window	مجموعة (Time slots)
Timely Manner	أسلوب توقيتي
Token Ring	حلقة الرمز
Trade off	توازن ، توفيق، مقابل
Traffic	حركة
Traffic Flow	سريان الحركة
Transceiver	مرسل/مستقبل
Traveling Wave Tube	صمام موجة مرحلة
Type	نوع
Waveguide	دليل موجة
Web	نسيج
Wireless Local Loop	انشطة لاسلكية محلية
Unintelligible	غير مفهوم
Up-converter	مبدل للأعلى
Up-link	وصلة صاعدة
Utility Pole	عمود شبكة عامة
Vendor	بائع
Vertical	رأسي (شاقولي)
Virtual	افتراضي/وهمي
Zone Converter	مبدل منطقة





## الإختصارات

### A

AAA	Authentication Authorization Accounting
ACE	Area Coverage Estimation
ADLG	Automatic Determination of Location and Guidance
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AI	Artificial Intelligent
AIN	Advanced Intelligent Network
ALI	Automatic Location Identification
AM	Amateur
AMA	Automatic Management Accounting
AMDS	Advanced Mobile Design System
AMPS	Advanced Mobile Phone Services
AMR	Adaptive Multi Rate
ANI	Automatic Number Identification
APCO 25	Association of Public safety Communication Officer
ARN	Aeronautical Radio Navigation
ARQ	Acknowledge Return Request
ART	Advanced Radio Technology
ARTS	Advanced Radio Technology Sub Committee
ASK	Amplitude Shift Keying
ATGS	Air To Ground Service
ATM	Asynchronous Transfere Mode

### B

BAH	Booth – Alan Hamilton
BCP	Byte Controlled Protocol
BERT	Bit Error Rate Test
BSC	Base Station Controller
BSS	Broadcasting Satellite Service

<b>BTS</b>	<b>Base Transmission Station</b>
<b>C</b>	
<b>CAMA</b>	<b>Centralized Automatic Message Accounting</b>
<b>CAT</b>	<b>Common Air Interface</b>
<b>CBSC</b>	<b>Control BSC</b>
<b>CDG</b>	<b>Cellular Development Group</b>
<b>CDI</b>	<b>Cellular Data Inc.</b>
<b>CDM</b>	<b>Consumer Digital Modem</b>
<b>CDMA</b>	<b>Code Division Multiple Access</b>
<b>CDPD</b>	<b>Cellular Digital Packet Data</b>
<b>CELP</b>	<b>Code Excited Linear Prediction</b>
<b>CM</b>	<b>Circuit Merit</b>
<b>CNI</b>	<b>Conventional Network Interface</b>
<b>CPE</b>	<b>Central Processing Element</b>
	<b>Customer Premise Equipment</b>
<b>CPICH</b>	<b>Common Pilot Channel</b>
<b>CPM</b>	<b>Conference Preparatory Meeting</b>
<b>CRTP</b>	<b>Compound Real – Time Transport</b>
<b>CT</b>	<b>Computer Telephony</b>
<b>CTIA</b>	<b>The Cellular Telecommunication Industry Association</b>
<b>D</b>	
<b>DAB</b>	<b>Digital Audio Broadcasting</b>
<b>DBS</b>	<b>Direct Broadcast Satellite</b>
<b>DCAAS</b>	<b>Dynamic Channel Avoidance Assignment System</b>
<b>DECT</b>	<b>Digital European Cordless Telecommunication System</b>
<b>DMA</b>	<b>Defense Mapping Agency</b>
<b>DME</b>	<b>Distance Measuring Equipment</b>
<b>DNC</b>	<b>Data Network Controller</b>
<b>DOG</b>	<b>Dects Operator Group</b>
<b>DS</b>	<b>Direct Sequence</b>
<b>DSLAM</b>	<b>Digital Subscriber Line Access Multiplexers</b>

<b>DSF</b>	<b>Digital Signal Processor</b>
<b>DSRR</b>	<b>Digital Short Range Radio</b>
<b>DTH</b>	<b>Direct To Home</b>
<b>DTMF</b>	<b>Dual Tone Multiple Frequency</b>
<b>DTOA</b>	<b>Differential Time Of Arrival</b>
<b>DTX</b>	<b>Discontinuous Transmission</b>
<b>E</b>	
<b>EAG</b>	<b>Economic Area Grouping</b>
<b>ECM</b>	<b>Electronic Counter Measure</b>
<b>EDACS</b>	<b>Enhanced Digital Access Communication System</b>
<b>EDGE</b>	<b>Electronic Data Gathering Equipment</b>
<b>EES</b>	<b>Earth Exploration Satellite</b>
<b>EIRP</b>	<b>Equivalent Isotropically Radiated Power</b>
<b>EMC</b>	<b>Electromagnetic Compatibility</b>
<b>EMI</b>	<b>Electromagnetic Interference</b>
<b>ERC</b>	<b>European Radio Communication</b>
<b>ERMS</b>	<b>European Radio Message System</b>
<b>ESS</b>	<b>Electronic Switch System</b>
<b>ESV</b>	<b>Earth – Station on Board Vessels</b>
<b>ETSI</b>	<b>European Telecommunication Standard Institute</b>
<b>EW</b>	<b>Electronic Warfare</b>

## **F**

<b>FAES</b>	<b>Frequency Administration and Engineering System</b>
<b>FBW</b>	<b>Forward Error Correction</b>
<b>FCC</b>	<b>Federal Communication Commission</b>
<b>FDD</b>	<b>Frequency Division Duplexing</b>
<b>FDD-DS</b>	<b>Frequency Division Duplexing Direct Sequence</b>
<b>FDD-MC</b>	<b>Frequency Division Duplexing Multi – Carrier</b>
<b>FDMA</b>	<b>Frequency Division Multiple Access</b>
<b>FDP</b>	<b>Fractional Degradation in Performance</b>
<b>FEC</b>	<b>Forward Error Correction</b>

<b>FL</b>	<b>Forward Link</b>
<b>FPLMTS</b>	<b>Future Public Land Mobile Telecommunication Systems</b>
<b>FS</b>	<b>Fixed Service</b>

## **G**

<b>GEO</b>	<b>Geosynchronous Earth Orbit</b>
<b>GII</b>	<b>Global Information Infrastructure</b>
<b>GIS</b>	<b>Geographical Information System</b>
<b>GMDSS</b>	<b>Global Maritime Distress and Safety System</b>
<b>GMPCS</b>	<b>Global Mobile Personal Communications by Satellite</b>
<b>GMSK</b>	<b>Gaussian Minimum Shift Keying</b>
<b>GNSS</b>	<b>Global Navigation Satellite Systems</b>
<b>GPP</b>	<b>Third Generation Partner Project</b>
<b>GPRS</b>	<b>General Packet Radio System</b>
<b>GPS</b>	<b>Global Position System</b>
<b>GSM</b>	<b>Global Mobile System</b>
<b>GTE</b>	<b>Group of Technical Expert</b>

## **H**

<b>HALE</b>	<b>High Altitude Long Endurance</b>
<b>HDLC</b>	<b>High level Data Link Control</b>
<b>HDR</b>	<b>High Data Rate</b>
<b>HDSL</b>	<b>High speed Digital Subscriber Line</b>
<b>HFB</b>	<b>High Frequency Broadcasting</b>
<b>HO</b>	<b>Hand Off</b>
<b>HPA</b>	<b>High Power Amplifiers</b>
<b>HSD</b>	<b>High Speed Data</b>
<b>HTML</b>	<b>Hypertext Markup Language</b>
<b>HTTP</b>	<b>Hyper Text Transmission Protocol</b>

## **I**

<b>ICAO</b>	<b>International Civil Aviation Organization</b>
<b>IDR</b>	<b>Independent Digital Repeater</b>
<b>IM</b>	<b>Inter – Modulation</b>

<b>IMO</b>	<b>International Maritime Organization</b>
<b>IMT</b>	<b>International Mobile Telecommunication</b>
<b>IMTS</b>	<b>Improved Mobile Telephone Service</b>
<b>IP</b>	<b>Internet Protocol</b>
<b>IPR</b>	<b>Intellectual Property Right</b>
<b>ISM</b>	<b>Industrial Scientific Medical</b>
<b>ISS</b>	<b>Inter Satellite Service</b>
<b>ITS</b>	<b>Intelligent Transportation Systems</b>
<b>ITSP</b>	<b>Internet Telephony Service Providers</b>
<b>ITU</b>	<b>International Telecommunication Union</b>
<b>IVR</b>	<b>Interactive Voice Response</b>
<b>IWF</b>	<b>Inter Working Function</b>

# **J**

<b>JCB</b>	<b>Job Control Block</b>
<b>JEPS</b>	<b>Job Entry Peripheral Service</b>
<b>JGN</b>	<b>Junction Gate Number</b>

# **K**

<b>KB</b>	<b>Kilo Byte</b>
<b>KC</b>	<b>Kilo Cycle</b>

# **L**

<b>LACTC</b>	<b>Los Angeles Cellular Telephony Company</b>
<b>LAN</b>	<b>Local Area Network</b>
<b>LLN</b>	<b>Local Line Number</b>
<b>LMDS</b>	<b>Local Multi point Distribution System</b>
<b>LMSS</b>	<b>Land Mobile Satellite System</b>
<b>LTP</b>	<b>Layer Tunneling Protocol</b>

# **M**

<b>MAC</b>	<b>Media Access Control</b>
<b>MAP</b>	<b>Media Access Protocol</b>
<b>MCTD</b>	<b>Multi Carrier Transmit Diversity</b>
<b>MEA</b>	<b>Meteorological Aids</b>

<b>MEAMS</b>	<b>Mobile Except Aeronotical Mobile Satellite</b>
<b>MES</b>	<b>Mobile Earth Station</b>
<b>MET</b>	<b>Mobile Earth Terminal</b>
<b>MFJ</b>	<b>Modification of Final Judgment</b>
<b>MIFR</b>	<b>Master International Frequency Register</b>
<b>MLS</b>	<b>Microwave Landing System</b>
<b>MMDS</b>	<b>Metropolitan Multi point Distribution Service</b>
<b>MMSI</b>	<b>Maritime Mobile Service Identities</b>
<b>MOCH</b>	<b>Multi site Open Channels</b>
<b>MOS</b>	<b>Mean Opinion Score</b>
<b>MRN</b>	<b>Maritime Radio Navigation</b>
<b>MS</b>	<b>Mobile Service</b>
<b>MSA</b>	<b>Metropolitan Statistical Area</b>
<b>MSC</b>	<b>Main System Controller</b>
<b>MSS</b>	<b>Mobile Satellite Service</b>

#### **N**

<b>NAMPS</b>	<b>Narrowband AMPS</b>
<b>NA-TDMA</b>	<b>North American TDMA</b>
<b>NMT</b>	<b>Nordic Mobile Telephone</b>
<b>NNA</b>	<b>Network to Network</b>
<b>NNI</b>	<b>Network to Network Interface</b>
<b>NRAS</b>	<b>National Regularity Authorities</b>

#### **O**

<b>ODMA</b>	<b>Opportunity Driven Multiple Access</b>
<b>OFDM</b>	<b>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</b>
<b>OHG</b>	<b>Operator Harmonization Group</b>
<b>OMC</b>	<b>Operation and Maintenance Computer</b>
<b>OTD</b>	<b>Orthogonal Transmit Diversity</b>

#### **P**

<b>PAMR</b>	<b>Public Access Mobile Radio</b>
<b>PCCPCH</b>	<b>Primary Common Control Pilot Channel</b>

PCN	Personal Communication Networks
PCS	Personal Communication Service
PDC	Personal Digital Cellular
PDH	Plesiochronous Digital Hierachy
PDM	Polarization Division Multiplexing
PFD	Power Flax Density
PG	Processing Gain
PHS	Personal Handy phone System
PMR	Private Mobile Radio
PSAP	Public Safety Answering Position
PSC	Primary Synchronization Channel

## Q

QDC	Quick Dependable Communications
QF	Quality Factor
QoS	Quality of Service
QRA	Quality Reliability Assurance

## R

RA	Radio Astronomy
RAS	Radio Astronomy Service
RBOCs	Regional Bell Operational Companies
RBW	Reverse Band Working
RCC	Radio Common Carrier
RDS	Radio Data System
RNS	Radio Navigation Satellite
RPE-LPC	Regular Pulse Excited Linear Prediction Code
RSA	Rural Service Area
RTS	Request To Send
RXD	Receive Data

## S

SCCPCH	Secondary Common Control Pilot Channel
SCH	Synchronous Channel

<b>SCP</b>	<b>Support Control Program</b>
<b>SDH</b>	<b>Synchronous Digital Hierarchy</b>
<b>SDLC</b>	<b>Synchronous Data Link Control</b>
<b>SDMA</b>	<b>Space – Division Multiple Access</b>
<b>SMR</b>	<b>Special Mobile Radio</b>
<b>SMS</b>	<b>Spectrum Management System</b>
	<b>Short Messages Service</b>
<b>SO</b>	<b>Space Operation</b>
<b>SR</b>	<b>Space Research</b>
<b>SS</b>	<b>Spread Spectrum</b>
<b>SSC</b>	<b>Secondary Synchronous Channel</b>
<b>STD</b>	<b>Switching Transmit Diversity</b>
<b>T</b>	
<b>TCP</b>	<b>Transmission Control Protocol</b>
<b>TDD</b>	<b>Time Division Duplexing</b>
<b>TDMA</b>	<b>Time Division Multiple Access</b>
<b>TETRA</b>	<b>Trans European Standard for Trunked Radio</b>
<b>TIA</b>	<b>Telecommunication Industry Association</b>
<b>TSTD</b>	<b>Time – Switched Transmit Diversity</b>
<b>TWT</b>	<b>Traveling Wave Tube</b>
<b>U</b>	
<b>UART</b>	<b>Universal Asynchronous Receiver Transmitter</b>
<b>UHF</b>	<b>Ultra High Frequency</b>
<b>UIN</b>	<b>Universal Internet Number</b>
<b>UMTS</b>	<b>Universal Mobile Telecommunication System</b>
<b>UPR</b>	<b>User's Preferred Requirement</b>
<b>UPS</b>	<b>Uninterruptible Power Supply</b>
<b>USART</b>	<b>Universal Synchronous Asynchronous Transmitter</b>
<b>USS</b>	<b>Unformatted System Service</b>
<b>UV</b>	<b>Ultraviolet</b>



## **V**

<b>VE</b>	<b>Voluntary Group of Experts</b>
<b>VLBI</b>	<b>Very Long Baseline Interferometry</b>
<b>VLF</b>	<b>Very Low Frequency</b>
<b>VoDaCom</b>	<b>Voice Data Communication</b>
<b>VOS</b>	<b>Virtual Operating System</b>
<b>VPN</b>	<b>Virtual Private Network</b>
<b>VR</b>	<b>Virtual Route</b>
<b>VTAM</b>	<b>Virtual Telecommunications Access</b>

## **W**

<b>WADS</b>	<b>Wide Area Data Service</b>
<b>WAN</b>	<b>Wide Area Network</b>
<b>WCDMA</b>	<b>Wide Band Code Division Multiple Access</b>
<b>WDM</b>	<b>Wave Length Division Multiplexing</b>
<b>WLL</b>	<b>Wireless Local Loop</b>
<b>WRC</b>	<b>World Radiocommunication Conference</b>
<b>WTA</b>	<b>Wireless Telephony Applications</b>
<b>WTPF</b>	<b>World Telecommunication Policy Forum</b>
<b>WTSC</b>	<b>World Telecommunication Standardization Conference</b>

## **X**

<b>XIC</b>	<b>Transmission Interface Converter</b>
<b>XML</b>	<b>Extensible Markup Language</b>







السعر: 12 دولار أمريكي أو ما يعادلها